Aus dem Knappschaftskrankenhaus
Bochum-Langendreer - Universitätsklinik
Chirurgische Klinik - Chefarzt: Prof. Dr. W. Kozuschek

RHEOGRAPHISCHE UNTERSUCHUNGEN VOR UND NACH GEFÄSSOPERATIONEN DER UNTEREN EXTREMITÄTEN

INAUGURAL-DISSERTATION

zur Erlangung des Doktorgrades der Medizin
einer Hohen Medizinischen Fakultät
der Ruhr-Universität zu Bochum

vorgelegt von

GUDRUN HEINISCH

aus Goslar

1982

1981

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41549226_0018

Aus dem Knappschaftskrankenhaus
Bochum-Langendreer - Universitätsklinik
Chirurgische Klinik - Chefarzt: Prof. Dr. W. Kozuschek

RHEOGRAPHISCHE UNTERSUCHUNGEN VOR UND NACH GEFÄSSOPERATIONEN DER UNTEREN EXTREMITÄTEN

INAUGURAL-DISSERTATION

zur Erlangung des Doktorgrades der Medizin
einer Hohen Medizinischen Fakultät
der Ruhr-Universität zu Bochum

vorgelegt von

GUDRUN HEINISCH

aus Goslar

1981

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Dekan: Prof. Dr. H. Viefhues
Referent: Prof. Dr. W. Kozuschek
Korreferent: Prof. Dr. J. Barmeyer

Tag der mündlichen Prüfung: 14. 5. 1982

Im Gedenken
an meinen verehrten Lehrer

DR. HANSJÜRGEN VOIGT

*12.9. 1927 †25.3. 1982

Inhaltsverzeichnis

		Seite
	Verzeichnis der Abkürzungen	
	Verzeichnis der Abbildungen	
	Verzeichnis der Tabellen	
1.	Einleitung	1 - 9
1.1	Pathophysiologische Grundlagen	1 - 4
1.2	Meßmethoden in der angiologischen Diagnostik	4 - 9
1.2.1	Übersicht	4 - 6
1.2.2	Angiographie	6 - 7
1.2.3	Oszillographie	7 - 8
1.2.4	Ultraschalldopplersonographie	8 - 9
2.	Methodik	10 - 34
2.1	Entwicklung der Rheographie	10 - 11
2.2	Die Arbeitsweise des Zweikanal-Direktrheographen 933 von Siemens	11 - 12
2.3	Die Registriertechnik	12 - 14
2.4	Bewertungskriterien der rheographischen Kurven	15 - 20
2.4.1	Übersicht	15
2.4.2	Rechnerische Daten	16 - 19
2.4.3	Bewertung der Kurvenform	19 - 20
2.5	Erstellung von Normwerten	21 - 31
2.6	Erhebung relevanter Patientendaten	31 - 32
2.7	Einteilung der Patientengruppen	32 - 33
2.8	Verschlußlokalisationen und Operationsverfahren	33 - 34
3.	Ergebnisse	35 - 141
3.1	Ergebnisse der 1. Gruppe	
3.1.1	Allgemeines	35 - 37
3.1.2	Operative Therapie	37 - 38
3.1.3	Rheographische Ergebnisse	38 - 55

		Seite
3.1.4	Fallbeispiele	55 - 123
3.1.4.1	Patienten mit Eingriffen ausschließlich an der A. femoralis superficialis	56 - 76
3.1.4.2	Patienten mit Eingriffen ausschließlich in der Beckenregion	76 - 91
3.1.4.3	Patienten mit Mehretageneingriffen	92 - 123
3.2	Ergebnisse der 2. Gruppe	124 - 129
3.2.1	Allgemeines	124 - 125
3.2.2	Operative Therapie	125
3.2.3	Rheographische Ergebnisse	125 - 126
3.2.4	Fallbeispiel	126 - 129
3.3	Ergebnisse der 3. Gruppe	130 - 141
3.3.1	Allgemeines	130 - 131
3.3.2	Rheographische Ergebnisse	131 - 135
3.3.3	Fallbeispiele	135 - 141
4.	Diskussion	142 - 149
5.	Zusammenfassung	150 - 151
	Anhang: Literaturverzeichnis	152 - 160
	Lebenslauf	

Verzeichnis der Abkürzungen

A	Amplitude
A.	Arteria
Aa.	Arteriae
α	Anstiegswinkel
AVK	Arterielle Verschlußkrankheit
β	Abfallwinkel
E	Einheiten
EKG	Elektrokardiogramm
E.A.	Eigenanamnese
F.A.	Familienanamnese
F.A. Ø	bezüglich der Risikofaktoren für die allgemeine Gefäßsklerose eine leere Familienanamnese
GZ	Gipfelzeit
J.A.	Jetzige Anamnese
n	Anzahl
N.	Nervus
PZ	Pulswellenlaufzeit
RQ	Rheographischer Quotient
syn.	synonym
TIA	Transitorische ischämische Attacke
WHO	Weltgesundheitsorganisation

Verzeichnis der Abbildungen

Abb.	1	Schaltbid des Direktrheographen
Abb.	2	bis
Abb.	7	Darstellung der Meßstrecken der Ableitungen 1 bis 6
Abb.	8	Darstellung der Auswertungskriterien
Abb.	9	Verteilung der Gipfelzeiten bei Normalpersonen
Abb.	10	Verteilung der PZ der Ableitungen 3 und 6
Abb.	11	Häufigkeitsverteilung des RQ bei Normalpersonen
Abb.	12	bis
Abb.	17	Kurvenbeispiele einer Normalperson mit den Ableitungen 1 bis 6
Abb.	18	Verteilung der Gipfelzeiten bei "gesunden" Extremitäten von Patienten der 1. Gruppe
Abb.	19	Verteilung des RQ bei "gesunden" Extremitäten von Patienten der 1. Gruppe
Abb.	20	Verteilung der GZ bei prä- und postoperativen Messungen der Patienten der 1. Gruppe
Abb.	21	Verteilung der PZ der Ableitungen 3 und 6 bei prä- und postoperativen Messungen der Patienten der 1. Gruppe
Abb.	22	Verteilung der prozentualen Änderungen der Mittelwerte des Winkels bei prä- und postoperativen Messungen der Patienten der 1. Gruppe
Abb.	23	Darstellung aller prä- und postoperativen Werte des Winkels in % bei Patienten der 1. Gruppe
Abb.	24	Verteilung der prä- und postoperativen Mittelwerte des RQ bei Patienten der 1. Gruppe
Abb.	25	Darstellung aller prä- und postoperativen Werte des RQ bei Patienten der 1. Gruppe
Abb.	26	Angiographie zum Fallbeispiel 1
Abb.	27	Rheogramm der 1. Abl. der präoperativen Messung zum Fallbeispiel 1
Abb.	28	Rheogramm der 1. Abl. der 1. postoperativen Messung zum Fallbeispiel 1

Abb. 29 Rheogramm der 1. Abl. der 2. postoperativen Messung zum Fallbeispiel 1
Abb. 30 Angiographie zum Fallbeispiel 2
Abb. 31 Rheogramm der 5. Abl. der präoperativen Messung zum Fallbeispiel 2
Abb. 32 Rheogramm der 5. Abl. der 1. postoperativen Messung zum Fallbeispiel 2
Abb. 33 Rheogramm der 5. Abl. der 2. postoperativen Messung zum Fallbeispiel 2
Abb. 34 Rheogramm der 5. Abl. der 3. postoperativen Messung zum Fallbeispiel 2
Abb. 35 Angiographie zum Fallbeispiel 3
Abb. 36 Rheogramm der 1. Abl. der präoperativen Messung zum Fallbeispiel 2
Abb. 37 Rheogramm der 1. Abl. der 1. postoperativen Messung zum Fallbeispiel 3
Abb. 38 Rheogramm der 1. Abl. der 2. postoperativen Messung zum Fallbeispiel 3
Abb. 39 Angiographie der Oberschenkelregion zum Fallbeispiel 4
Abb. 40 Angiographie der Knieregion zum Fallbeispiel 4
Abb. 41 Rheogramm der 5. Abl. der präoperativen Messung zum Fallbeispiel 4
Abb. 42 Rheogramm der 5. Abl. der 1. postoperativen Messung zum Fallbeispiel 4
Abb. 43 Rheogramm der 5. Abl. der 2. postoperativen Messung zum Fallbeispiel 4
Abb. 44 Präoperative Angiographie zum Fallbeispiel 5
Abb. 45 Postoperative Angiographie zum Fallbeispiel 5
Abb. 46 Rheogramm der 1. Abl. der präoperativen Messung zum Fallbeispiel 5
Abb. 47 Rheogramm der 4. Abl. der präoperativen Messung zum Fallbeispiel 5
Abb. 48 Rheogramm der 1. Abl. der postoperativen Messung zum Fallbeispiel 5
Abb. 49 Rheogramm der 4. Abl. der postoperativen Messung zum Fallbeispiel 5

Abb. 50 Angiographie zum Fallbeispiel 6
Abb. 51 Rheogramm der 1. Abl. der präoperativen Messung zum Fallbeispiel 6
Abb. 52 Rheogramm der 5. Abl. der präoperativen Messung zum Fallbeispiel 6
Abb. 53 Rheogramm der 1. Abl. der 1. postoperativen Messung zum Fallbeispiel 6
Abb. 54 Rheogramm der 5. Abl. der 1. postoperativen Messung zum Fallbeispiel 6
Abb. 55 Rheogramm der 1. Abl. der 2. postoperativen Messung zum Fallbeispiel 6
Abb. 56 Rheogramm der 5. Abl. der 2. postoperativen Messung zum Fallbeispiel 6
Abb. 57 Präoperative Angiographie zum Fallbeispiel 7
Abb. 58 Postoperative Angiographie zum Fallbeispiel 7
Abb. 59 Rheogramm der 2. Abl. der präoperativen Messung zum Fallbeispiel 7
Abb. 60 Rheogramm der 5. Abl. der präoperativen Messung zum Fallbeispiel 7
Abb. 61 Rheogramm der 2. Abl. der 1. postoperativen Messung zum Fallbeispiel 7
Abb. 62 Rheogramm der 5. Abl. der 1. postoperativen Messung zum Fallbeispiel 7
Abb. 63 Rheogramm der 2. Abl. der 2. postoperativen Messung zum Fallbeispiel 7
Abb. 64 Rheogramm der 5. Abl. der 2. postoperativen Messung zum Fallbeispiel 7
Abb. 65 Angiographie der Oberschenkelregion zum Fallbeispiel 8
Abb. 66 Angiographie der Knieregion zum Fallbeispiel 8
Abb. 67 Rheogramm der 3. Abl. der präoperativen Messung zum Fallbeispiel 8
Abb. 68 Rheogramm der 3. Abl. der postoperativen Messung zum Fallbeispiel 8
Abb. 69 Angiographie der Beckenregion zum Fallbeispiel 9
Abb. 70 Angiographie der Oberschenkelregion zum Fallbeispiel 9

Abb. 71 Angiographie der Knieregion zum Fallbeispiel 9
Abb. 72 Rheogramm der 3. Abl. der präoperativen Messung zum Fallbeispiel 9
Abb. 73 Rheogramm der 5. Abl. der präoperativen Messung zum Fallbeispiel 9
Abb. 74 Rheogramm der 3. Abl. der 1. postoperativen Messung zum Fallbeispiel 9
Abb. 75 Rheogramm der 5. Abl. der 1. postoperativen Messung zum Fallbeispiel 9
Abb. 76 Rheogramm der 3. Abl. der 2. postoperativen Messung zum Fallbeispiel 9
Abb. 77 Rheogramm der 5. Abl. der 2. postoperativen Messung zum Fallbeispiel 9
Abb. 78 Rheogramm der 3. Abl. der 3. postoperativen Messung zum Fallbeispiel 9
Abb. 79 Rheogramm der 5. Abl. der 3. postoperativen Messung zum Fallbeispiel 9
Abb. 80 Präoperative Angiographie der Beckenregion zum Fallbeispiel 10
Abb. 81 Präoperative Angiographie der Oberschenkelregion zum Fallbeispiel 10
Abb. 82 Postoperative Angiographie der Beckenregion zum Fallbeispiel 10
Abb. 83 Postoperative Angiographie der Oberschenkelregion zum Fallbeispiel 10
Abb. 84 Postoperative Angiographie der Knieregion zum Fallbeispiel 10
Abb. 85 Rheogramm der 3. Abl. der präoperativen Messung zum Fallbeispiel 10
Abb. 86 Rheogramm der 6. Abl. der präoperativen Messung zum Fallbeispiel 10
Abb. 87 Rheogramm der 3. Abl. der postoperativen Messung zum Fallbeispiel 10
Abb. 88 Rheogramm der 6. Abl. der postoperativen Messung zum Fallbeispiel 10
Abb. 89 Angiographie zum Fallbeispiel 11 (linkes Bein)
Abb. 90 Rheogramm der 1. Abl. der präoperativen Messung zum Fallbeispiel 11

Abb. 91 Rheogramm der 4. Abl. der präoperativen Messung zum Fallbeispiel 11
Abb. 92 Rheogramm der 6. Abl. der präoperativen zum Fallbeispiel 11
Abb. 93 Rheogramm der 1. Abl. der 1. postoperativen Messung zum Fallbeispiel 11
Abb. 94 Rheogramm der 4. Abl. der 1. postoperativen Messung zum Fallbeispiel 11
Abb. 95 Rheogramm der 6. Abl. der 1. postoperativen Messung zum Fallbeispiel 11
Abb. 96 Rheogramm der 1. Abl. der 2. postoperativen Messung zum Fallbeispiel 11
Abb. 97 Rheogramm der 4. Abl. der 2. postoperativen Messung zum Fallbeispiel 11
Abb. 98 Rheogramm der 6. Abl. der 2. postoperativen Messung zum Fallbeispiel 11
Abb. 99 Präoperative Angiographie der Beckenregion zum Fallbeispiel 12
Abb. 100 Präoperative Angiographie der Oberschenkelregion zum Fallbeispiel 12
Abb. 101 Präoperative Angiographie der Knieregion zum Fallbeispiel 12
Abb. 102 Postoperative Angiographie der Beckenregion zum Fallbeispiel 12
Abb. 103 Postoperative Angiographie der Oberschenkelregion zum Fallbeispiel 12
Abb. 104 Rheogramm der 1. Abl. der präoperativen Messung zum Fallbeispiel 12
Abb. 105 Rheogramm der 5. Abl. der präoperativen Messung zum Fallbeispiel 12
Abb. 106 Rheogramm der 6. Abl. der präoperativen Messung zum Fallbeispiel 12
Abb. 107 Rheogramm der 1. Abl. der 1. postoperativen Messung zum Fallbeispiel 12
Abb. 108 Rheogramm der 5. Abl. der 1. postoperativen Messung zum Fallbeispiel 12
Abb. 109 Rheogramm der 6. Abl. der 1. postoperativen Messung zum Fallbeispiel 12

Abb. 110 Rheogramm der 1. Abl. der 2. postoperativen Messung zum Fallbeispiel 12
Abb. 111 Rheogramm der 5. Abl. der 2. postoperativen Messung zum Fallbeispiel 12
Abb. 112 Rheogramm der 6. Abl. der 2. postoperativen Messung zum Fallbeispiel 12
Abb. 113 Angiographie zum Fallbeispiel 13
Abb. 114 Rheogramm der 2. Abl. zum Fallbeispiel 13
Abb. 115 Rheogramm der 5. Abl. zum Fallbeispiel 13
Abb. 116 Rheogramm der 6. Abl. zum Fallbeispiel 13
Abb. 117 Angiographie der Knieregion zum Fallbeispiel 14
Abb. 118 Angiographie der Unterschenkelregion zum Fallbeispiel 14
Abb. 119 Rheogramm der 3. Abl. zum Fallbeispiel 14
Abb. 120 Rheogramm der 5. Abl. zum Fallbeispiel 14
Abb. 121 Rheogramm der 6. Abl. zum Fallbeispiel 14
Abb. 122 Angiographie zum Fallbeispiel 15
Abb. 123 Rheogramm der 5. Abl. zum Fallbeispiel 15

Verzeichnis der Tabellen

Tab. 1 Mittelwerte von rheographischen Messungen bei Normalpersonen

Tab. 2 Mittelwerte von rheographischen Messungen bei "gesunden" Extremitäten von Patienten der Gruppe 1

Tab. 3 Prä- und postoperative Mittelwerte von rheographischen Messungen bei Patienten der Gruppe 1

Tab. 4 Prozentuale Häufigkeiten der Bewertungskriterien zur Kurvenform bei Rheogrammen von Patienten der Gruppe 1

Tab. 5 Auswertung der prä- und postoperativen Rheogramme der Abl. 1 zum Fallbeispiel 1

Tab. 6 Auswertung der prä- und postoperativen Rheogramme der Abl. 5 zum Fallbeispiel 2

Tab. 7 Auswertung der prä- und postoperativen Rheogramme der Abl. 1 zum Fallbeispiel 3

Tab. 8 Auswertung der prä- und postoperativen Rheogramme der Abl. 5 zum Fallbeispiel 4

Tab. 9 Auswertung der prä- und postoperativen Rheogramme der Ableitungen 1 und 4 zum Fallbeispiel 5

Tab. 10 Auswertung der prä- und postoperativen Rheogramme der Abl. 1 zum Fallbeispiel 6

Tab. 11 Auswertung der prä- und postoperativen Rheogramme der Abl. 5 zum Fallbeispiel 6

Tab. 12 Auswertung der prä- und postoperativen Rheogramme der Abl. 2 zum Fallbeispiel 7

Tab. 13 Auswertung der prä- und postoperativen Rheogramme der Abl. 5 zum Fallbeispiel 7

Tab. 14 Auswertung der prä- und postoperativen Rheogramme der Abl. 3 zum Fallbeispiel 8

Tab. 15 Auswertung der prä- und postoperativen Rheogramme der Abl. 3 zum Fallbeispiel 9

Tab. 16 Auswertung der prä- und postoperativen Rheogramme der Abl. 5 zum Fallbeispiel 9

Tab. 17 Auswertung der prä- und postoperativen Rheogramme der Ableitungen 3 und 6 zum Fallbeispiel 10
Tab. 18 Auswertung der prä- und postoperativen Rheogramme der Abl. 1 zum Fallbeispiel 11
Tab. 19 Auswertung der prä- und postoperativen Rheogramme der Abl. 4 zum Fallbeispiel 11
Tab. 20 Auswertung der prä- und postoperativen Rheogramme der Abl. 6 zum Fallbeispiel 11
Tab. 21 Auswertung der prä- und postoperativen Rheogramme der Abl. 1 zum Fallbeispiel 12
Tab. 22 Auswertung der prä- und postoperativen Rheogramme der Abl. 5 zum Fallbeispiel 12
Tab. 23 Auswertung der prä- und postoperativen Rheogramme der Abl. 6 zum Fallbeispiel 12
Tab. 24 Postoperative Mittelwerte von rheographischen Messungen bei Patienten der Gruppe 2
Tab. 25 Auswertung der Rheogramme der Ableitungen 2, 5 und 6 zum Fallbeispiel 13
Tab. 26 Mittelwerte von rheographischen Messungen bei Patienten der Gruppe 3 mit fehlender lokaler Operabilität
Tab. 27 Mittelwerte von rheographischen Messungen bei Patienten der Gruppe 3 mit fehlender allgemeiner Operabilität.
Tab. 28 Auswertung der Rheogramme der Ableitungen 3, 5 und 6 zum Fallbeispiel 14
Tab. 29 Auswertung des Rheogramms der Abl. 5 zum Fallbeispiel 15

1. Einleitung

1.1 Pathophysiologische Grundlagen

Die Arteriosklerose mit ihren Folgeerscheinungen steht als Morbiditäts- und Mortalitätsursache in zivilisierten Ländern an der Spitze. Jedoch ist bis heute, nach über 100 Jahren intensiver Arteriosklerosеforschung, noch keine eindeutige Antwort auf die Initialvorgänge, die zur pathologischen Gefäßwandveränderung und damit zur Lumenverringerung der Arterie führt, gefunden worden.

Die Theorie ROKITANSKIS, der schon im Jahre 1844 Gefäßwandauflagerungen und deren Inkorporation als Initiator im pathologischen Umbau der Intima sah, stand im Gegensatz zu VIRCHOW, der 1856 in seiner berühmten Abhandlung zum Arteriosklerоseproblem einen primär entzündlichen Prozeß annahm und die Gefäßwandverdickung als reaktive Proliferation der Intimabindegewebszellen sah. In der Arteriosklerоseforschung der letzten Jahre wird die Theorie, die eine Intimaläsion in den Vordergrund der Atherogenese rückt, durch viele Modellversuche gestützt (FROST, 1974). Die Endotheldefekte werden durch Fibrin und Thrombozyten ausgefüllt, die Mediatorstoffe freisetzen, die wiederum sowohl die Thrombozytenaggregation fördern, als auch die glatten Muskelzellen stimulieren. Die Inkorporation von Lipiden führt schließlich zur Degeneration der Muskelzellen und zum bindegewebigen fibrösen Plaque. Diese Plaques können verkalken, einbluten, exulcerieren und durch Thrombosen kompliziert werden (KAPPERT, 1979).

Nach der Definition der WHO ist Atherosklerose eine variable Kombination von Veränderungen der Intima, bestehend in herdförmiger Ansammlung von Lipoiden, komplexen Kohlenhydraten, Blut- und Blutbestandteilen, Bindegewebs- und Kalziumablagerungen, verbunden mit Veränderungen der Arterienmedia.

Die Pathogenese der Arteriosklerose ist komplex. Nach KAPPERT (1979) spielen eine Rolle: mechanische Faktoren, Störungen des Gleichgewichts zwischen Blutgerinnung und Fibrinolyse an der Gefäßinnenwand, primäre arterielle Wandveränderungen im zellulären und enzymatischen System, Störungen der nervösen Regulation und zahlreiche zusätzliche Ursachen endogener (Hyperlipidämie, Diabetes mellitus) bzw. exogener Natur (Nikotinabusus, Stress).

In den letzten Jahren häufen sich die Hinweise, daß die Arteriosklerose auch in den Spätstadien günstig beeinflußbar, d.h. bei Ausschaltung der auslösenden Noxen rückbildungsfähig ist (BLANKENHORN et al., 1980).

Den Noxen oder auch Risikofaktoren kommt damit eine Schlüsselrolle bei der Prävention und Therapie zu. Der Begriff Risikofaktor umfaßt eine statistische Assoziation zwischen einem bestimmten Parameter und der Krankheit. Mit dieser Assoziation ist nicht unbedingt eine Ursache-Wirkungsbeziehung verknüpft (DA SILVA u. WIDMER, 1979).

Bei den drei wichtigsten klinischen Manifestationen der Arteriosklerose, Herz, Hirn und Gliedmaßen, gelten verschiedene Rangordnungen der Risikofaktoren. Für die Claudicatio intermittens: 1. Nikotinabusus, 2. Diabetes mellitus, 3. Hyperlipidämie (Typ 3 und 4) und 4. Angina pectoris (MÖRL, 1979). Als weniger bedeutungsvoll sind die Faktoren Hypertonie, Gicht, Adipositas, Bewegungsmangel und Stress einzuordnen. Offen ist, wie sich die Kombinationen der verschiedenen Risikofaktoren auswirken, jedoch steigt die Erkrankungshäufigkeit der AVK bei mehrfach Risikobelasteten nicht linear, sondern kumulativ (DA SILVA u. WIDMER, 1979; BOLLINGER, 1979).

Eine besondere Rolle spielen die Lipide. Gerade in jüngster Zeit konnte gezeigt werden, daß hohe HDL-Werte (high density Lipoproteide) der Arteriosklerose vorbeugen. Der Anstieg soll z.B. durch körperliche Aktivität, Östrogene, Alkohol und Phenytoin erreicht werden (STÖSSEL, 1980).

Das Thema der vorliegenden Arbeit erfordert nach diesen einführenden Gedanken eine gezielte Hinwendung zu Erscheinungsformen und Folgen der Arteriosklerose, die die Therapie "Gefäßoperation" erforderlich machen. Die chronischen peripheren arteriellen Verschlußkrankheiten (AVK), ein Oberbegriff für pathologische Veränderungen, die durch Stenose oder Verschluß größerer Gliedmaßenarterien entstehen, stellen den Hauptteil der Diagnosen. Die Differenzierung zwischen degenerativer und entzündlicher Genese kann klinisch und histopathologisch schwierig sein, so daß sich die Bezeichnung AVK unter bewußtem Verzicht auf ätiologische Klärung durchgesetzt hat. Die Arteriosklerosis obliterans stellt jedoch mit über 90 % die wichtigste Ursache dar. Die Thrombangitis obliterans (M. Winniwarter-Buerger) und andere entzündliche Systemerkrankungen der Arterien sind relativ selten.

Für die hämodynamische Wirksamkeit einer Gefäßstenose oder eines Gefäßverschlusses spielen die funktionelle und morphologische Adaptation, zeitliche Verhältnisse und die Stoffwechselaktivität eine Rolle (MÖRL, 1979). Nach KAPPERT (1979) muß ein Gefäß um mehr als dreiviertel seines Lumens eingeengt sein, um die folgenden hämodynamischen Kompensationsmechanismen auszulösen:

1. Weitstellung der Arteriolen mit Folge der Erniedrigung des peripheren Widerstands,
2. Reduzierung der Durchblutungsreserve bei noch annähernd normalen Ruhedurchblutungswerten,
3. Ausbildung eines mehr oder weniger leistungsfähigen Kollateralkreislaufs.

Mit einer optimalen Ausbildung des Ersatzkreislaufs, wobei ein vollständiger Verschluß einen Maximalreiz darstellt, kann nach KAPPERT (1979), BOLLINGER (1979) und HEBERER et al. (1966) in drei bis zwölf Monaten gerechnet werden. Die Folgen der reduzierten Durchblutung auf den Stoffwechsel führen über den verminderten Sauerstoff- und Substrattransport zu Störungen der Zellfunktion, zur lokalen Azidose bis zum Zelluntergang, der Nekrose.

Die klinische Einteilung der Schweregrade der AVK nach FONTAINE entspricht den o.a. hämodynamischen Gegebenheiten.

Stadium 1: voll kompensiert
Stadium 2: Belastungsinsuffizienz
a) Gehstrecke über 200 Meter
b) Gehstrecke unter 200 Meter
Stadium 3: Dauerinsuffizienz (Ruheschmerz)
Stadium 4: Substanzverlust (Nekrose, Ulkus)

Als akute Ursachen der arteriellen Durchblutungsstörung kommen Thrombosen und Embolien in Frage. Die frische oder auch ältere, organisierte Thrombose ist eine häufige Komplikation des durch die Grundkrankheit Arteriosklerose vorgeschädigten Gefäßsystems und ein häufiger Operationsbefund (vergl. Hauptteil). Akute Embolien, sie stammen zu 85 % aus dem Herzen (Vorhofflimmern, absolute Arrhythmie), können ein totales oder unvollständiges Ischämiesyndrom hervorrufen. Der Befall der Extremitätenarterien überwiegt in den meisten Statistiken, wobei auffällt, daß die oft auch multipel auftretenden Embolien zumeist an Gefäßgabelungen stecken bleiben. Eine akute Embolie erfordert rasches chirurgisches Eingreifen, um die Gliedmaßen zu retten und ein lebensbedrohliches Torniquet-Syndrom zu vermeiden. Die Mortalität konnte nach dem 2. Weltkrieg drastisch gesenkt werden; die Amputationsrate wird jedoch auch heute noch, trotz Einsatz moderner chirurgischer Embolektomieverfahren, zwischen 14 und 40 % angegeben (BOLLINGER, 1979).

1.2 Die Meßmethoden in der angiologischen Diagnostik

1.2.1 Übersicht

Am Anfang einer jeden Diagnostik stehen Anamnese und körperliche Untersuchung mit Inspektion, Temperaturvergleich, Palpation der Pulse und die Arterienauskultation. Einfache Funktionsproben wie die Lagerungsprobe nach

RATSCHOW (1959) und standardisierte Gehproben, wobei die Claudicatio-Distance und die Claudicatio-Time gute Parameter für die Schwere einer Durchblutungsstörung sind, können sich anschließen. Diesen mehr oder weniger subjektiven Methoden stehen objektive apparative Meßmethoden gegenüber, die unerläßlich für die Wahl der Therapie und Beurteilung der Prognose sind. Eine tabellarische Übersicht gibt die folgende Zusammenstellung.

I. Pulsationsabhängige Meßverfahren
   1. Kapillarmikroskopie
   2. Systolische Arteriendruckmessung
   3. Oszillometrie
   4. Oszillographie
      mechanische Oszillographie
      elektronische Oszillographie
      akrale Oszillographie
      Infratonoszillographie
   5. Ultraschalldopplerverfahren
   6. Rheographie
      Doppelrheographie (SCHUHFRIED)
   7. Plethysmographie
      Wasserplethysmographie
      Luftplethysmographie
      Mercury-Strain-Gauge Plethysmographie
      Lichtplethysmographie
      Impedanzplethysmographie
      u.a. modifizierte Plethysmographiemethoden
      Anm.: Einige der unter 7. genannten Verfahren können auch zu quantitativen Volumenmessungen benutzt werden.

II. Quantitative Stromvolumenmessungen
   1. Venenverschlußplethysmographie
   2. Venenverschlußrheographie
   3. Muskelgewebsclearance mit Xenon 133
   4. Flowmeterverfahren
   5. Elektromagnetische-Stromuhren-Messung

III. Thermische Meßverfahren
   1. Thermographie
   2. Hautthermometrie
   3. Messungen mit der Wärmeleitsonde
   4. Strömungskalorimetrie

IV. Radioisotopenmethoden

V. Röntgendiagnostik
   1. Translumbale Aortographie
   2. Transfemorale Katheterangiographie (Seldingertechnik)

Die große Zahl der angegebenen apparativen Möglichkeiten wird stark reduziert, wenn neben der Meßgenauigkeit und Aussagekraft klinische Gesichtspunkte wie Zumutbarkeit, Wiederholbarkeit, Einsatzbereitschaft und materieller und personeller Aufwand in den Vordergrund treten. Folgende Untersuchungsmethoden konnten sich in der klinischen Praxis durchsetzen, wo sie zum Teil gleichberechtigt nebeneinander stehen oder jeweils einzeln angewandt werden können: als nicht invasive Verfahren die Oszillographie, die Ultraschalldopplermethoden und die Rheographie; als **invasives Verfahren die Angiographie.**

1.2.2 Angiographie

Die Röntgenkontrastdarstellung des arteriellen Gefäßsystems nimmt als diagnostischer Eingriff eine Sonderstellung ein:

1. Nach RATSCHOW (1959) ist eine Kontrastdarstellung nur gerechtfertigt, wenn alle Voraussetzungen gegeben sind, die die Sicherheit des Kranken und die Ergiebigkeit der Befunde gewährleisten und ferner das klinische Bild Fragen aufwirft, deren Beantwortung für den Kranken praktisch wertvoll, mit anderer Methodik aber nicht zu erzielen ist. Diese Forderungen sind bis heute gültig. Es sollte daher nur bei einem geplanten chirurgischen Eingriff am arteriellen Gefäßsystem angiographiert werden.

2. Die Angiographie ist nicht ungefährlich und unterliegt als invasives Verfahren nicht der Duldungspflicht des Patienten. Der Arzt muß vor der Ausführung die schriftliche Einwilligung des Patienten einholen und ihn über Zweck, Art und Umfang des Eingriffs sowie über drohende Komplikationen aufklären. Komplikationen nach diagnostischen Eingriffen haben in der Regel ein größeres Gewicht als Zwischenfälle bei therapeutischen Eingriffen. Tödliche Komplikationen werden in der Literatur bei der translumbalen Aortographie mit 0 bis 0,74 % angegeben. Leichtere Komplikationen bzw. Schädigungen sind: Hämatome, paravasale Kontrastmittelinjektionen, intramurale Kontrastmittelinjektionen mit Dissektion der Gefäßwand und (besonders bei der Extremitätenarteriographie) Thrombosierungen der distalen arteriellen Strombahn (HEBERER et al., 1966)
3. Für den Chirurgen ist es wichtig, Auskunft über den Zustand der distal vom Verschluß liegenden Gefäße zu erhalten. Ein schlechter Abfluß (run-off) initiiert mit hoher Wahrscheinlichkeit einen Reverschluß.
4. Auch die Angiographie läßt keine hundertprozentigen Aussagen zum Gefäßbefund zu. Dieser und die Art und Ausdehnung der Gefäßoperation kann oft erst intraoperativ festgestellt werden.

1.2.3 Oszillographie

Unter den nichtinvasiven Verfahren behauptet die Oszillographie schon seit Jahrzehnten ihren Platz in der angiologischen Diagnostik, sowohl im ambulanten, als auch im stationären Bereich. Sie zeichnet arterielle Pulswellen auf. Man registriert hierbei an verschiedenen korrespondierenden Stellen der Extremitäten synchron bei stufenweise fallendem Manschettendruck die Druckschwankungen, die durch den Anprall oder den Durchtritt der Pulswelle in den Blutdruckmanschetten induziert werden (DEMBOWSKI, 1965). Die größte Verbreitung hat der mit mechanischer

Übertragung arbeitende Oszillograph zur doppelseitigen Pulsschreibung nach GESENIUS und KELLER gefunden. Eine Modifizierung stellt die Infratonoszillographie dar, bei der auf mechanisch-elektrischem Wege mittels Infratonpulsabnehmer seitengleiche Aufzeichnungen möglich sind. Weiterentwicklungen ermöglichten die akrale Oszillographie sowie die elektronische Manschetten-Gliedmaßen-Oszillographie. Beide Verfahren haben den Vorteil einer um das 300-fache erhöhten Empfindlichkeit.

Bei den mechanisch gewonnenen Oszillogrammen wird die Höhe der Ausschläge von vielen Faktoren beeinflußt: Lage der untersuchten Extremitäten, Schlagvolumen, Systemblutdruck, peripherer Widerstand, Beschaffenheit der Gefäßwandung, unterschiedlicher Muskelmantel, Ödeme, Narben, Adipositas, ungleich angelegte Manschetten u.a.. Die Normalwerte schwanken daher in weiten Grenzen, ja sogar Seitenunterschiede bis zu über 50 % können noch normal sein (KAPPERT, 1979)! Trotzdem wird von den meisten Autoren der Vergleich der Amplituden (oszillometrischer Index) symmetrischer Gliedmaßenabschnitte als wichtigstes Auswertungskriterium herangezogen.

Auch bei den elektronischen Verfahren sollten die Absolutwerte der Amplitudenhöhen nicht überbewertet werden. Wichtige Auswertungsverfahren sind hier die Beurteilung der Kurvenform und Zeitmeßwerte im Seitenvergleich. Besonders zur Frühdiagnose einer AVK und in unklaren Fällen wird die B e l a s t u n g s oszillographie eingesetzt.

1.2.4 Ultraschalldopplerverfahren

Ultraschallwellen werden von Strukturen und Partikeln des Körpers reflektiert, wobei es bei einer Reflexion an bewegten Oberflächen zu einer Frequenzänderung kommt. Die reflektierten Signale können nach Verstärkung hörbar gemacht und registriert werden. Außerdem kann die Strömungsrichtung festgestellt werden. Weiterentwicklungen ermög-

lichten Aufzeichnungen von Strömungsgeschwindigkeitsprofilen und in Verbindung mit Echolotverfahren von pulsatorischen Flußkurven. Mit der zusammengesetzten Ultraschallabtastmethode (Ultraschalltomographie) lassen sich morphologische Einzelheiten der Gefäßstrukturen im Längs- bzw. Querschnittverfahren festhalten (KAPPERT, 1979). In der Praxis dominieren zur Frühdiagnose von Gliedmaßenstenosen und zur quantitativen Bestimmung des Schweregrades von Gliedmaßenarterienverschlüssen zwei wichtige Methoden: die unblutige Druckmessung, insbesondere des Knöchelarteriendrucks und die Abtastung bestimmter Gefäßabschnitte mit der Doppler-Sonde.

Zusammenfassend läßt sich zum heutigen Stand der apparativen Diagnostik einer AVK sagen, daß der Chirurg präoperativ neben einer oder mehreren nichtinvasiven Methoden nur ungern auf das Hilfsmittel Angiographie verzichtet, sich bei postoperativen Kontrolluntersuchungen jedoch im Normalfall mit den nichtinvasiven Meßmethoden zufrieden geben kann.

2. Methodik

2.1 Entwicklung der Rheographie

Die arteriellen Blutgefäße verändern ihren Querschnitt und damit ihr Blutvolumen mit jeder Pulswelle. Bei den peripheren Arterien beträgt die Volumenzunahme unter dem Einfluß der systolischen Drucksteigerung ca. 8 %. Da Blut elektrischen Strom gegenüber allen anderen Geweben besser leitet, kann man nach Einschaltung eines Gefäßabschnitts in einen Stromkreis die pulsatorischen Volumenänderungen als Widerstandsänderungen aufzeichnen.

Messungen der pulsationsbedingten Leitfähigkeitsänderungen sind in zahlreichen Veröffentlichungen beschrieben worden. Genannt werden soll hier nur MANN (1937), der schon vor über 40 Jahren Messungen der peripheren Zirkulation mittels einer Wechselstrombrücke vornahm. HOLZER et al. (1945) gaben andere Meßanordnungen an, die als R h e o k a r d i o g r a p h i e zunächst nur zur Beurteilung der Herztätigkeit eingesetzt wurden, bis JANTSCH (1950) unter dem Namen R h e o s p h y g m o g r a p h i e periphere Pulswellenmessungen vornahm. KAINDL, POLZER und SCHUHFRIED (1959, 1961, 1962, 1964, 1971, 1979) erarbeiteten weitere theoretische Grundlagen, verbesserten die technischen Meßvoraussetzungen und führten nach Tierversuchen und Erstellung einer großen Anzahl Normalkurven die Rheographie in die klinische Diagnostik ein. Als weitere Verfahren wurden die Schädelrheographie, Halsvenenrheographie, Leberrheographie, Nierenrheographie und Venenverschlußrheographie entwickelt. Bei der Gliedmaßenrheographie werden zwei Ableitungsarten beschrieben: die Längs- und die Querrheographie. Die Querrheographie, bei der zwei Elektroden in gleicher Höhe an gegenüberliegenden Stellen einer Gliedmaße angebracht sind, sollte eine genaue Lokalisationsdiagnostik ermöglichen, war jedoch wegen technischer Schwierigkeiten für den klinischen Gebrauch ungeeignet (MATZDORF, 1961 a).

Mit der Entwicklung des Doppelrheographen nach SCHUHFRIED wurde ein weiterer Schritt zur Verbreitung der Rheographie in der angiologischen Diagnostik getan. Die Verwendung von Wheatstoneschen Meßbrücken machte einen zuweilen schwierigen Abgleich erforderlich. Problematisch waren außerdem die Übergangswiderstände zwischen Elektroden und Haut, die das Meßergebnis unkontrollierbar beeinflußten. Der Fortschritt in der Entwicklung moderner Halbleitertechnik ermöglichte in den sechziger Jahren eine Methode, bei der ohne Abgleich gearbeitet wird. Dieser Direktrheograph nach GUTMANN (1967) ist einfach zu bedienen und wenig störanfällig. Dies führt dazu, daß die Rheographie als praktikable Untersuchungsmethode nicht nur hochspezialisierten Fachabteilungen, sondern auch dem Allgemeinmediziner zur Verfügung steht.

2.2 Die Arbeitsweise des Zweikanal-Direktrheographen 933 von Siemens

Das Blockschaltbild der Abb. 1 zeigt die Arbeitsweise des Direktrheographen.

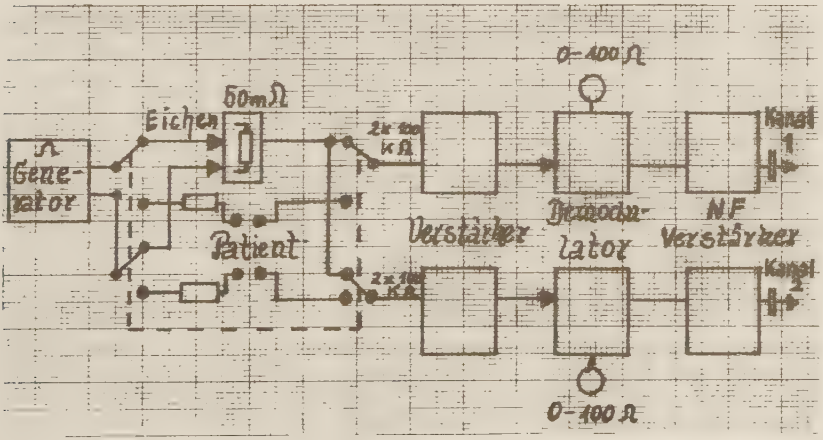

Abb. 1 Schaltbild des Direktrheographen

Ein Rechteckgenerator mit einer Frequenz von etwa 30 kHz schickt durch die Meßstrecke einen eingeprägten Wechselstrom, d.h. die Stromstärke ist unabhängig von den Übergangswiderständen zwischen Elektroden und Haut. Innerhalb der Elektroden wird die Meßspannung abgegriffen, in dem nachfolgenden Hochfrequenzverstärker, der eine hohe Eingangsimpedanz hat, verstärkt und gleichgerichtet. Die Demodulation führt zu einem Gleichspannungsanteil, der dem am Instrument ablesbaren Grundwiderstand, und einem sehr geringen Wechselspannungsanteil, der der Pulsationskurve entspricht. Da die Spannungsänderungen sehr gering sind, werden sie durch einen weiteren Verstärker bis auf eine Höhe von ca. 100 mV weiterverstärkt, und können dann in einem Mehrkanalelektrokardiographen aufgezeichnet werden (GUTMANN, 1967; SCHREIBER, 1970). Der Meßbereich läßt sich, je nach Größe des zu untersuchenden Körperabschnitts mit 30, 100 und 300 mOhm variabel einstellen. Seitenvergleichende Messungen, die durch die beiden Kanäle des Direktrheographen ermöglicht werden, erfordern eine Eichung. Die beiden Registrierkanäle des Schreibers müssen dazu auf gleiche Empfindlichkeit eingestellt werden, damit der Eichimpuls von 50 mOhm auf beiden Kanälen die gleiche Ausschlaghöhe erreicht. Für Kreislaufzeitmessungen gibt die gleichzeitige Registrierung einer Ableitung des Extremitätenelektrokardiogramms wünschenswerte Zusatzinformationen.

2.3 Die Registriertechnik

Unaufgebbare Voraussetzungen für exakte Meßergebnisse sind: ein gut temperierter Raum und eine bequeme Lagerung des Patienten (leicht erhöhter Oberkörper und Knierolle). Nur eine entspannte Lage, ähnlich wie beim EKG, liefert nämlich störungsfreie, unverzitterte Rheogramme. Als Elektroden konnte ich 15 mm breite Stahlbänder benutzen, die unter leichter Spannung und mit Elektrodengelee versehen, angelegt und mit einer Klemmschraube fixiert wurden. Die Elektroden mußten gut, nicht zu locker und nicht abschnürend so angelegt werden, daß überall ein gleichmäßiger

Hautkontakt zustande kam. Eine Anlage über Knochenvorsprüngen verbietet sich ebenso, wie direkter Kontakt mit Nekrosen und offenen Wunden. Postoperativ wurde die erste Messung frühestens nach Entfernung der Hautfäden vorgenommen.

Bei e i n e m Untersuchungsgang wurden 6 verschiedene Gliedmaßenabschnitte jeweils rechts und links gleichzeitig aufgezeichnet. Der Ort der Elektrodenanlage wurde nach MATZDORF (1961 a u. b) modifiziert (siehe Abb. 3 bis 7). Die stromzuführenden Elektroden wurden, falls möglich, an den Großzehen befestigt.

In der Ableitung 1 (im folgenden Abl.) liegt die distale Elektrode zwei Querfinger oberhalb des Knöchels, die proximale zwei Querfinger unterhalb des Leistenbandes (siehe Abb. 2).
Abl. 2 umfaßt den Meßbereich des Oberschenkels einschließlich Kniebereich (siehe Abb. 3). Diese beiden ersten Ableitungen dienen der ersten Orientierung über die Durchblutungsverhältnisse beider Beine.
Bei der Abl. 3 wird zur Registrierung von Oberschenkelrheogrammen die distale Elektrode oberhalb des Kniegelenks angelegt (siehe Abb. 4). Bisher mußte die proximale Elektrode nicht verändert werden.
Die Abl. 4 umfaßt den Kniebereich (siehe Abb. 5).
Die Abl. 5 dient der Darstellung von Unterschenkelrheogrammen (siehe Abb. 6).
Bei der Abl. 6 wird die distale Elektrode einen Querfinger über den Ansatz der Zehen gelegt, die proximale entspricht der distalen der Abl. 1 (siehe Abb. 7).

An beiden Armen und Beinen wurden EKG-Elektroden in der allgemein üblichen Art angelegt und die zweite Extremitätenableitung mitregistriert.

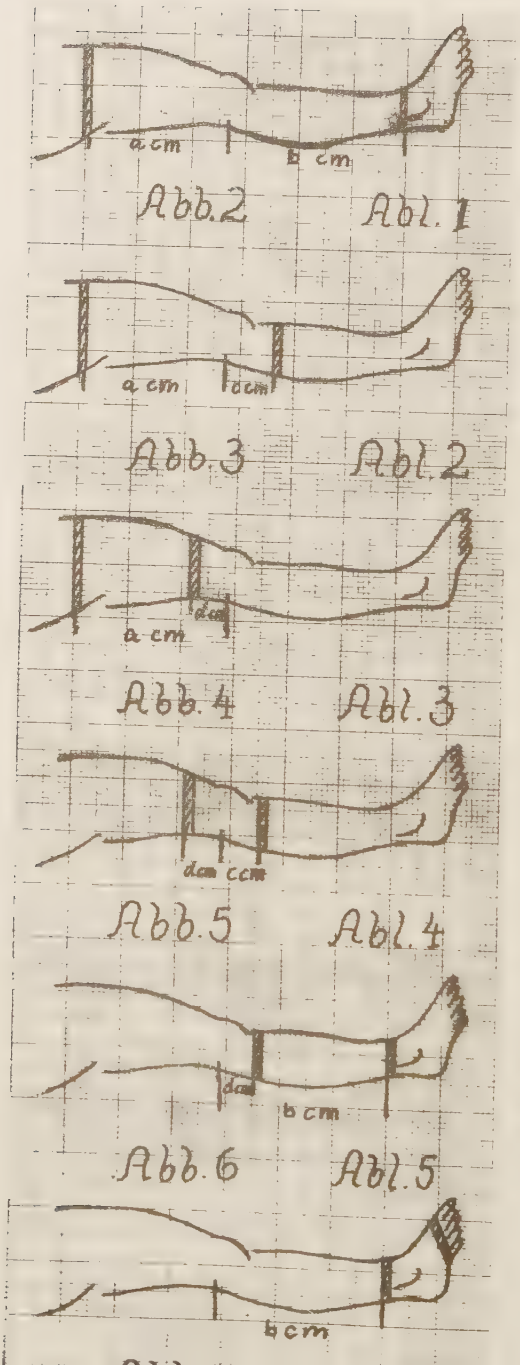

Abb. 2 bis 7
Darstellung der Meßstrecken der Ableitungen 1 bis 6

2.4 Bewertungskriterien der rheographischen Kurven

2.4.1 Übersicht

Bei der Auswertung der Kurvenbilder wurden berücksichtigt: (siehe Abb. 8)

1. Rechnerische Daten
   a) Amplitudenhöhe A
   b) Gipfelzeit GZ
   c) Pulswellenlaufzeit PZ
   d) Anstiegswinkel α
   e) Abfallwinkel β
   f) Rheographischer Quotient RQ

2. Bewertung der Kurvenform
   a) Nachwellen
   b) Kurvengipfel

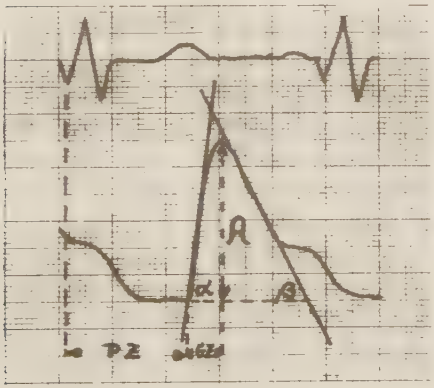

Abb. 8 Darstellung der Auswertungskriterien
A, GZ, PZ, α, β

2.4.2 Rechnerische Daten

a) Die Amplitudenhöhe (A)
Die Amplitude des Rheogramms zeigt die Größe der Widerstandsänderung im Meßbereich an (MATZDORF, 1963). Es wird nicht die Durchflußmenge an Blut erfaßt, sondern die maximale Füllung des Meßbereichs (SCHUHFRIED, 1961). Rheographische Amplitudenänderungen stehen in enger Beziehung zur systolisch-diastolischen Strömungsgeschwindigkeitsdifferenz und sind primär nicht von Variationen des peripheren Widerstands abhängig (BAUMANN, 1973). Die Änderung der Amplitudenhöhe ist proportional der Änderung des Gefäßquerschnitts im Meßbereich. Der gesamte zwischen den Elektroden liegende Gefäßquerschnitt findet also seinen Ausdruck in der Amplitude des Rheogramms (SCHMIDBAUER u. SCHREIBER, 1967). Dies ist von praktischer Bedeutung bei gut kollateralisierten Verschlüssen oder Stenosen, die bei normaler Amplitudenhöhe nur durch Veränderungen der Kurvenform diagnostiziert werden können. Zur Amplitudenauswertung werden von KAINDL et al. (1979) eine Formel für die Bestimmung des relativen Pulsvolumens (Rheographischer Quotient) angegeben, die die Amplitude mit der Höhe der Eichzacke vergleicht und in Ergänzung der von JANTSCH (1965) angegebenen Gleichung den Einfluß der Herzfrequenz mitberücksichtigt (vgl. unter f).

Bei Verlaufsbeobachtungen soll die einmal gewählte Eichung bei allen weiteren Untersuchungen beibehalten werden, um Amplitudendifferenzen durch unterschiedliche Verstärkung zu vermeiden (HEIDRICH, 1965). Bei der Messung einzelner Gliedmaßenabschnitte fällt auf, daß im Normalfall vom Ober- zum Unterschenkel ein Amplitudenverhältnis von 1 : 3 besteht, das von KAINDL et al. (1979) damit erklärt wird, daß an der unteren Extremität der elektrische Nebenschluß peripherwärts abnimmt. Bei den eigenen Messungen wurden überwiegend im Kniebereich die höchsten Ausschläge festgestellt. Für JANTSCH (1958) ist die Bewertung der Ampli-

tude das wichtigste Kriterium, MATZDORF (1961 c) hält hingegen die Kurven f o r m bei der Auswertung des Rheogramms für wichtiger.

Zu niedrige Amplituden werden bei sogenannten Ödemkurven und bei Adipositas gefunden, überhöhte Werte findet man bei Muskelatrophie.

b) Die Gipfelzeit (GZ)
Als Zeitmessung hat sich die GZ, die als Auslenkung des Rheogramms aus der Basislinie bis zum Kurvenmaximum definiert wird, bestens bewährt (SCHREIBER, 1970). Sie ist weitgehend unabhängig von der Pulsperiodendauer und der Amplitude, sowie vom Alter des Patienten. In einer Untersuchung von SCHMIDBAUER u. SCHREIBER (1967) wurden statistisch signifikante Mittelwerte von 0,15 sec für Gesunde, von 0,20 sec bei angiographisch gesicherten Stenosen und von 0,22 sec bei Verschlüssen gefunden. Zeiten über 0,18 sec wurden in dieser Untersuchung als pathologisch eingestuft.

c) Die Pulswellenlaufzeit (PZ)
Die PZ stellt einen Zeitmeßwert dar, der d i e Zeit (msec) angibt, die zwischen der Q-Zacke des EKG und dem Beginn des Kurvenanstiegs liegt. Wichtig ist die Messung zwischen symmetrischen Gliedmaßenabschnitten im Rechts-Links-Vergleich (MATZDORF, 1961 a). Die Absolutwerte sind abhängig von der Pulsperiodendauer und der Elastizität der Arterien. In einer skandinavischen Arbeit geht die PZ als "q-a time" in die Auswertung einer der Rheographie sehr ähnlichen Methode mit ein. Für jüngere Normalpersonen wird ein Wert von 268 msec angegeben, über fünfzigjährige mit normalen Durchblutungsverhältnissen erreichen nur noch 80 % dieses Wertes (DERBLOM et al., 1970).

d) Der Anstiegswinkel (α)
Die Steilheit des systolischen Anstiegs ist ein wichtiges diagnostisches Kriterium und wird durch die Winkelmessung in Zahlenwerte faßbar. BAUMANN (1970) mißt den Anstiegs-

winkel zur Auswertung von Beckenrheogrammen.

e) Der Abfallwinkel (/3)
Der etwas langsamer absteigende diastolische Kurvenanteil drückt sich gegenüber α in leicht reduzierten Winkelmeßwerten aus, die in pathologischen Fällen n o c h geringer sind. DERBLOM et al. (1970) messen den Anstiegs- und Abfallwinkel in einer Untersuchung bei jüngeren und älteren Normalpersonen.

Im Regelfall reichte bei den Ableitungen 2 bis 6 der Meßbereich bis 100 mOhm Grundwiderstand aus. Bei der Abl. 1 mußte jedoch die Meßbereichserweiterung bis 300 mOhm gewählt werden, mit der Folge, daß die Amplitudenhöhe nur noch ein Drittel des "wahren" Wertes betrug. Die Reduzierung der Amplitude um zwei Drittel verfälschte die Winkel, die nach mathematischen Regeln folgendermaßen korrigiert wurden:

Gegenkathete: Ankathete = $\tan \alpha$ d.h. hier
A: GZ = $\tan \alpha$

Da nur A von der Veränderung betroffen ist (auf ein Drittel der Normalhöhe reduziert), genügt es, den ermittelten $\tan \alpha$ mit drei zu multiplizieren, um nach diesem neuen Wert, den richtigen Winkelwert α ablesen zu können.
Beispiel: Werte der Abl. 1 des Kurvenbeispiels einer Normalperson (vgl. Abb. 12).
Meßbereich: 300 mOhm
A (gemessen): 23 mm, A (korrigiert): 69 mm
α (gemessen): 82°
$\tan \alpha$ (82°) = 7,115
7,115 · 3 = 21,345
tan 21,345 = 87,3
Winkelwert = 87°

f) Der Rheographische Quotient (RQ)
Die dimensionslose Größe des RQ wird nach folgender Gleichung errechnet (KAINDL et al., 1979):

$$\frac{A \cdot EW \cdot 1000 \cdot S}{EZ \cdot R \cdot T}$$

A = Amplitudenhöhe in mm
EW = Eichwert in Ohm
S = Papiergeschwindigkeit in mm/sec
EZ = Höhe der Eichzacke in mm
R = Grundwiderstand in Ohm
T = Pulsperiodendauer in mm
(Abstand zwischen zwei R-Zacken des EKG)

Für A und T wurden in der eigenen Untersuchung Mittelwerte aus drei Pulsperioden errechnet.

Liegt der RQ unter 0,5 ist er sicher pathologisch. Der Normalbereich liegt zwischen 0,5 und 2. Werte über 2 sind, neben anderen Zeichen, ein Hinweis für eine Weitstellung des Gefäßsystems (KAINDL et al., 1979).

Das Schlagvolumen des gesunden ruhenden Menschen in der Größenordnung von 1 %.des Körpervolumens steht in auffälliger Übereinstimmung mit der Größenordnung des RQ. Trotz dieser Übereinstimmung darf man nicht vergessen, daß mit der Rheographie n u r Pulswellen ä n d e r u n g e n erfaßt werden. Eine quantitative Auswertung in ml/min/g entbehrt jeder theoretischen Grundlage (JANTSCH, 1958).

2.4.3 Bewertung der Kurvenform

a) Die Nachwellen
Beim normalen Rheogramm werden ein bis drei gut ausgebildete Nachwellen sichtbar. Anzahl, Abstände vom Kurvengipfel und vor allem der Ausprägungsgrad dieser Nachwellen geben Hinweise auf die Elastizität des Gefäßsystems. Bei sklerotisch-rigiden Gefäßen werden die Nachwellen völlig ausgeebnet. Hiervon zu unterscheiden ist das Verschwinden der Nachwellen bei überhöhter Amplitude, das den a u g e n b l i c k l i c h e n Verlust der Elastizität bei

extremer Weitstellung der Gefäße anzeigt.

b) Kurvengipfel
Die Kurvengipfel sind im Normalfall spitz. Mäßige Abrundung bei n o c h normaler GZ bis hin zur völligen Verplumpung der Kurven sind optisch gut sichtbare pathologische Merkmale.

Weitere nur mit sehr aufwendigen technischen Hilfsmitteln zu erstellende Auswertungskriterien seien hier nur der Vollständigkeit halber erwähnt:

1. Darstellung des 1. Differentialquotienten des Rheogramms als Maß für die Steilheit der Kurve (MATZDORF, 1961 c; SCHUHFRIED, 1961; KAINDL et al., 1979).
2. Das Flächenintegral (EMMRICH, 1963).
3. Die Größe der negativen katakroten Fläche als Maß für Elastizität und Gefäßweite.
4. Die Größe der positiven katakroten Fläche und der katakrote Flächenindex, der sich folgendermaßen berechnet:
   KFI = A · KF (mm^2)
   KFI = katakroter Flächenindex
   A = Amplitude in mm
   KF = katakrote Fläche in mm^2 (MÖRL, 1979)

In einer weiteren Arbeit wurde versucht, die Pulskurvenformanalyse zu objektivieren, indem Auswertungen mit der FOURIER-Harmonieanalyse in Zahlenwerte erfaßt wurden (ROUEN et al., 1973).

Der zusätzliche Informationsgehalt dieser unkonventionellen Auswertungsverfahren ist gering, so daß m.E. der Aufwand in der täglichen Praxis nicht lohnt, sondern speziellen Fragestellungen vorbehalten bleibt (Grundlagenforschung).

2.5 Erstellung von Normwerten

KAINDL et al. (1979) weisen darauf hin, daß ihre Theorien und Auswertungsverfahren (wie z.B. der RQ) nur für die Rheographie nach SCHUHFRIED Gültigkeit haben. Nur wenige wissenschaftliche Veröffentlichungen befassen sich mit der Direktrheographie, wobei z.T. auf die Auswertungskriterien des Wiener Arbeitskreises verwiesen wird (GUTMANN, 1967; GUTMANN et al., 1969; SCHREIBER, 1969 und 1970; MAHLA, 1970; JAEGER et al., 1972).

SCHREIBER (1970) stellt ausdrücklich fest, daß die Errechnung des RQ möglich ist, auch MAHLA (1970) errechnet bei seinen direkttheographischen Messungen den RQ nach der Formel von JANTSCH (1965).

Um nun selbst eine Übersicht über die Normalwerte zu erhalten, wurden bei 20 Männern und 20 Frauen, die wegen anderer chirurgischer Erkrankungen stationär behandelt wurden, in der unter "Registriertechnik" angegebenen Art und Weise Rheogramme erstellt. Das Durchschnittsalter betrug sowohl bei den Männern, als auch bei den Frauen, 40 Jahre, die jüngste freiwillige Versuchsperson war 18, die älteste 68 Jahre alt. An Laboruntersuchungsbefunden wurden normale Werte für Harnsäure, Nüchternblutzucker, Triglyceride und Cholesterin im Serum gefordert. Um arteriosklerotische Veränderungen weitgehend auszuschließen, wurde eine genaue Anamnese erhoben. Danach wurden nur Personen in die Versuchsreihe aufgenommen, bei denen anamnestisch k e i n e Risikofaktoren, im Höchstfall jedoch nur e i n H a u p t risikofaktor (meist Nikotinabusus) zu finden waren.

Über die gefundenen Mittelwerte informiert die Tab. 1.

	Abl. 1		Abl. 2		Abl. 3		Abl. 4		Abl. 5		Abl. 6	
	re	li	re	li	re	li	re	li	re	li	re	li
A	159	166	88	92	24	25	67	68	73	82	72	73
GZ	133	134	131	140	141	138	137	143	117	119	112	107
PZ	251	250	241	244	232	235	249	250	272	271	291	291
α	88	88	86	86	73	74	84	85	86	86	86	86
β	81	82	73	72	43	46	67	67	76	77	76	76
RQ	1,1	1,1	1,2	1,3	0,9	0,9	1,5	1,4	1,0	1,0	0,9	0,9

Tab. 1 Mittelwerte von rheographischen Messungen bei Normalpersonen

Die Mittelwerte der Ableitungen 1 bis 6 insgesamt:

A mOhm:	82,4	GZ msec:	129,3
PZ msec:	256,4	α° :	84
β° :	69,7	RQ:	1,1

Für die Beschreibung der Nachwellen ergab sich bei 120 Rheogrammen:

deutlich:	90 = 75	%
angedeutet:	28 = 23,3	%
keine:	2 = 1,7	%
mehrere:	114 = 95	%
eine:	2 = 1,7	%

Der Kurvengipfel ist spitz bei 108 (90 %) Rheogrammen, mäßig abgerundet bei 12 (10 %) Rheogrammen. Plumpe Gipfel wurden nicht gefunden. Die mäßige Abrundung betraf in 10 (8,3 %) Fällen die Abl. 3. Dieser Befund, den man bei Oberschenkelrheogrammen auch bei normalen Durchblutungsverhältnissen finden kann, wird durch den erhöhten Nebenschluß bei größerer Muskelmasse und durch die andersartigen Elastizitätsverhältnisse der Arterien in diesem Bereich erklärt. Dieselbe Ursache hat die deutliche Amplitudenreduktion und die Verflachung der Nachwellen bei Oberschenkelrheogrammen (KAINDL et al., 1979).

Größere Unterschiede zwischen Männern und Frauen wurden nur bei der Amplitudenhöhe festgestellt, was durch unter-

schiedliche anatomische Verhältnisse (Länge und Dicke der Extremitäten) erklärbar wird. Da sich auch gleichzeitig der Grundwiderstand ändert, werden diese Unterschiede beim Errechnen des RQ eliminiert.

Die Verteilung der Gipfelzeiten bei 240 Rheogrammen zeigt die Abb. 9. Man erkennt daraus die Häufigkeit zwischen 110 und 150 msec. Von SCHMIDBAUER und SCHREIBER (1967) werden Gipfelzeiten über 180 msec als pathologisch angesehen.

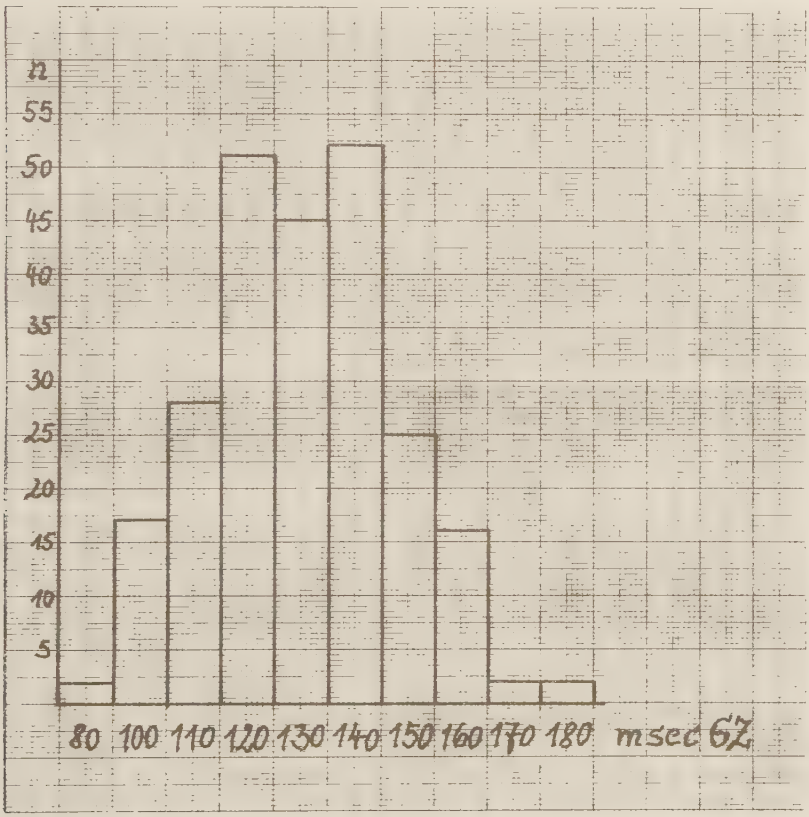

Abb. 9 Verteilung der Gipfelzeiten bei Normalpersonen

Die Pulswellenlaufzeit nimmt bei Normalpersonen von proximal nach distal zu (siehe Mittelwerte der Abl. 3 bis 6 der Tab. 1) wie in Abb. 10 dargestellt. Nach JANTSCH (1958) verschwinden diese Unterschiede bei allgemeiner Gefäßsklerose. Der Gesamtmittelwert der PZ stimmt gut mit den von DERBLOM et al. (1970 a und b) gefundenen Werten überein.

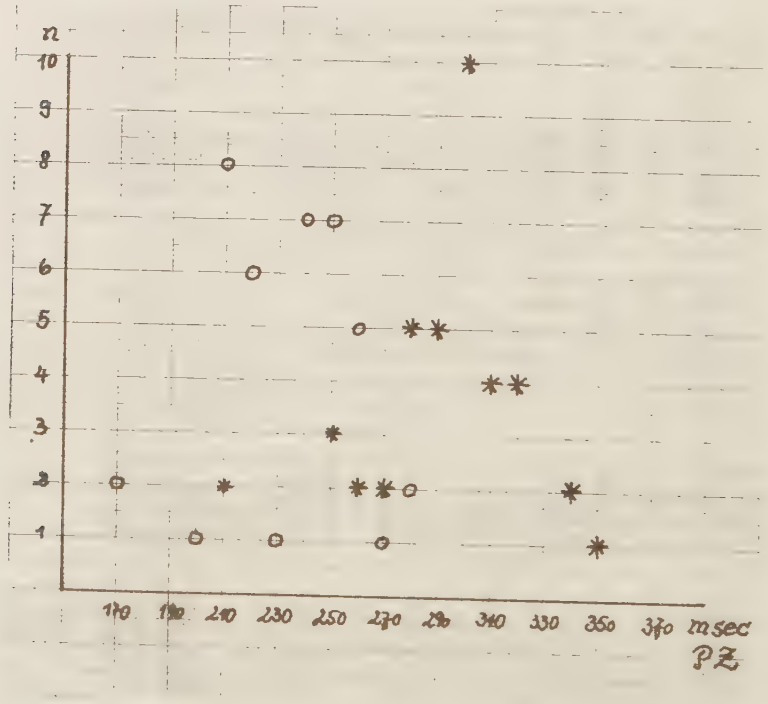

Abb. 10 Verteilung der PZ der Ableitungen 3 und 6
O = Abl. 3
* = Abl. 6

Für den Winkel α liegen bei 200 Rheogrammen (die Abl. 3 wurde aus den o.a. Gründen bei dieser Auswertung herausgenommen) 97,5 % der Werte zwischen 83° und 88° . Die restlichen 40 Rheogramme der Abl. 3 zeigten für α zwar eine größere Steubreite, es lagen jedoch immer noch 90 % zwischen 67° und 80° , die übrigen 10 % im Bereich von 52° bis 66° .

Auch bei der Auswertung der Winkelmeßwerte für β wurde die Abl. 3 herausgenommen und getrennt ausgewertet. Für β ergab sich bei 200 Rheogrammen: über 50 % aller Werte lagen zwischen 70° und 79° , 96,5 % zwischen 60° und 86°. DERBLOM et al. (1970) fanden einen Mittelwert von 68,3° für β bei unter fünfzigjährigen Normalpersonen.

Bei der Abl. 3 wurden bei 40 Rheogrammen folgende Häufigkeiten gefunden: 65 % aller Winkel β lagen zwischen 41° und 59° , 87,5 % lagen zwischen 30° und 59° . Die Streuung war hier also noch größer als bei α . Der Normalbereich umfaßt noch niedrigere Winkelbereiche.

Die Verteilung der Häufigkeiten des RQ bei 240 Rheogrammen zeigt die Abb. 11.

KAINDL et al. (1979) halten Werte unter 0,5 für pathologisch. JANTSCH (1965) gibt einen RQ zwischen 0,5 und 1 als Normalwert bei Ruhedurchblutung an. Nach MATZDORF (1961 b) besteht zwischen der Größe des RQ und der Schwere der arteriosklerotischen Durchblutungsstörung eine feste Beziehung. Er gibt einen Normalbereich für den RQ zwischen 0,5 und 2 an. Alle genannten Untersucher beziehen sich auf Messungen mit der rheographischen Methode nach SCHUHFRIED. Mittelwerte und Häufigkeitsverteilungen zeigen jedoch, daß mit der Direktrheographie in dieser Untersuchung vergleichbare Werte erzielt werden konnten.

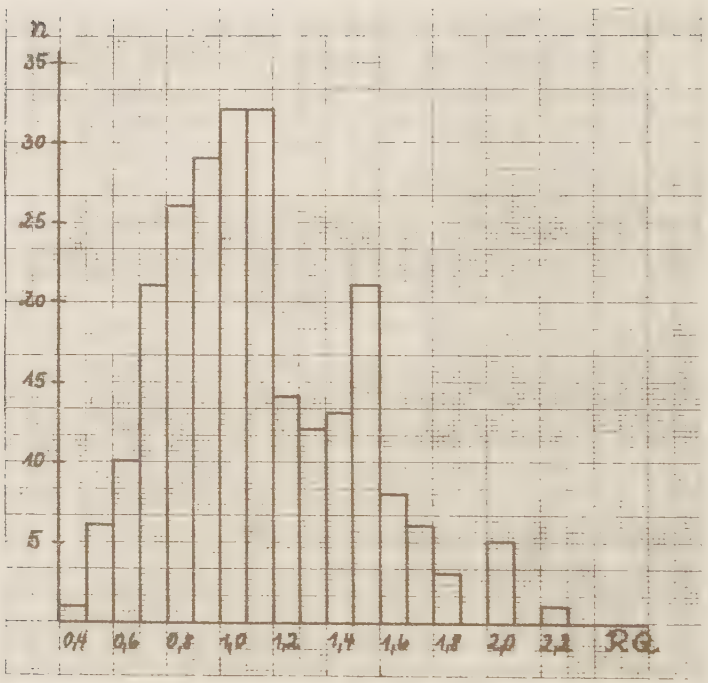

Abb. 11 Häufigkeitsverteilung des RQ bei Normalpersonen

Bei der Auswertung der normalen Rheogramme wurden vernachlässigbar geringe Rechts-Links-Unterschiede gefunden. Sie sind zum einen sicherlich physiologisch bedingt, zum anderen durch Ablesefehler und die Fehlerbreite des Gerätes. Geringe Differenzen der Meßbereiche, die sich auch bei genauer Ausmessung der Gliedmaßenabschnitte nicht vermeiden lassen, und der Körperlage haben keinen Einfluß auf die Pulskurvenform und verändern somit auch die Auswertungskriterien der Rheogramme nicht (HEIDRICH, 1965).

Die Abb. 12 bis 17 zeigen die Ableitungen 1 bis 6 als Kurvenbeispiele einer 49-jährigen, männlichen Normalperson. Am oberen Bildrand ist eine Ableitung des Extremitäten-EKG zu sehen, in der Mitte die Rheogramme des linken und am unteren Bildrand die Rheogramme des rechten Beines. Diese Reihenfolge gilt für alle in dieser Arbeit gezeigten Kurvenbeispiele.

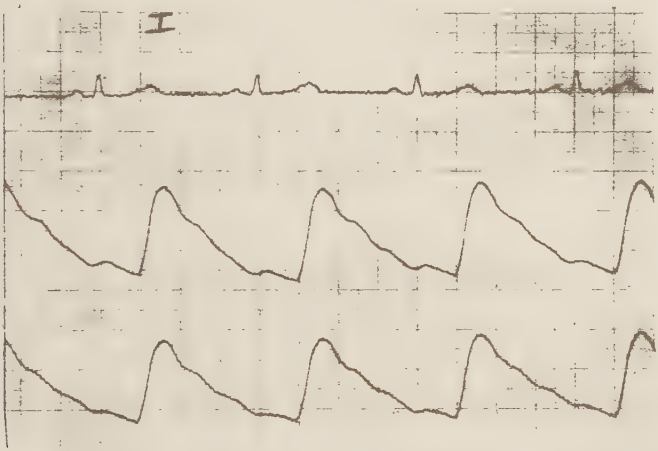

Abb. 12 Kurvenbeispiel einer Normalperson der Abl. 1

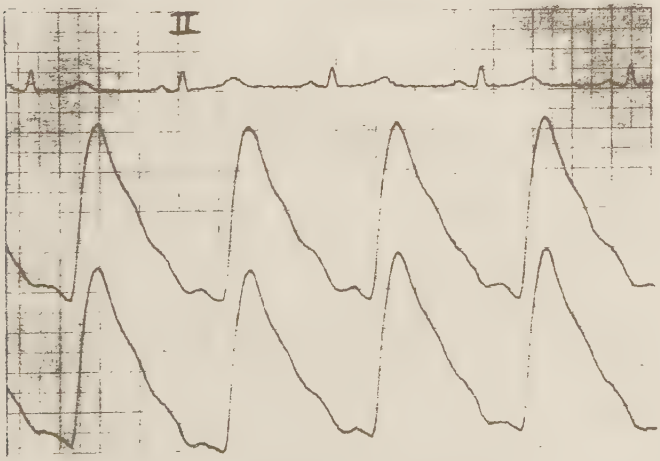

Abb. 13 Kurvenbeispiel einer Normalperson der Abl. 2

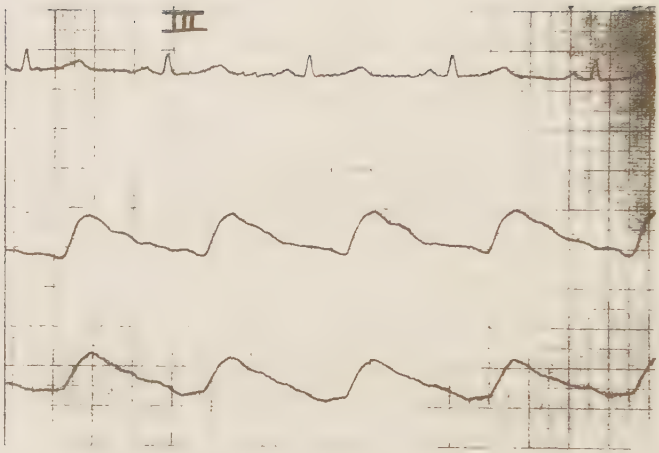

Abb. 14 Kurvenbeispiel einer Normalperson der Abl. 3

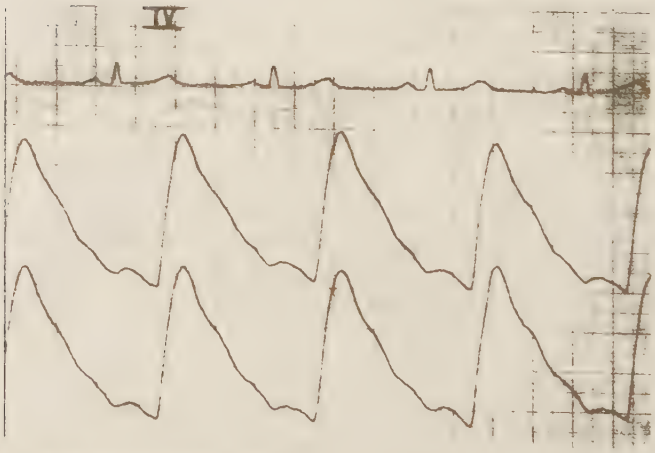

Abb. 15 Kurvenbeispiel einer Normalperson der Abl. 4

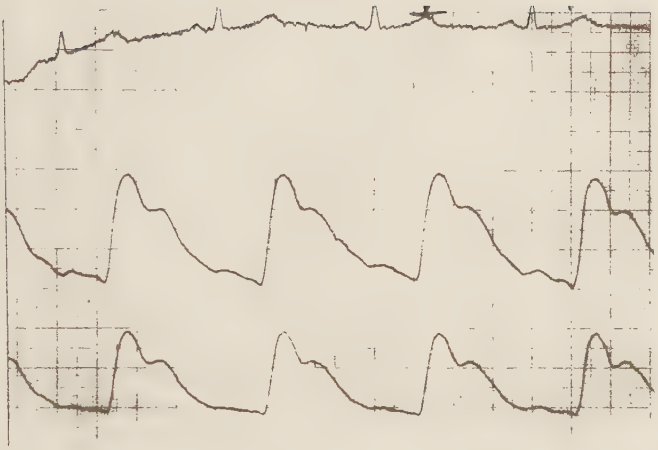

Abb. 16 Kurvenbeispiel einer Normalperson der Abl. 5

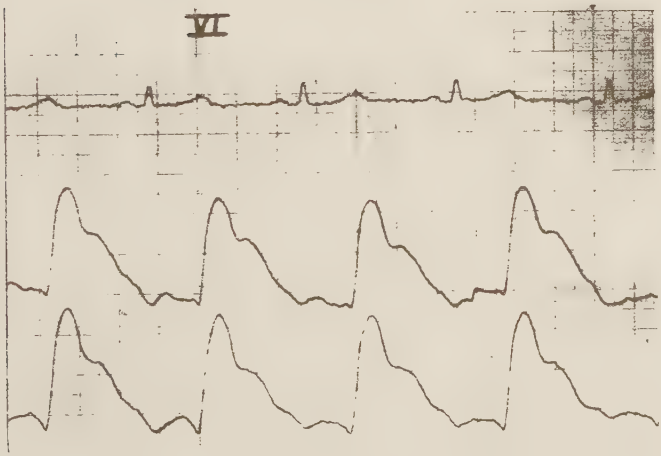

Abb. 17 Kurvenbeispiel einer Normalperson der Abl. 6

Für die dargestellten Rheogramme wurden die folgenden Meßwerte ermittelt, wobei jeweils der Mittelwert aus drei Kurven gebildet wurde.

Abb. 12

Abl. 1	linkes Bein	rechtes Bein
A mOhm	191	103
GZ msec	120	120
PZ msec	240	240
α °	87	87
β °	80	78
RQ	0,9	0,9

Abb. 13

Abl. 2	linkes Bein	rechtes Bein
A mOhm	76	76
GZ msec	130	130
PZ msec	250	250
α °	85	85
β °	73	74
RQ	1,1	1,1

Abb. 14

Abl. 3	linkes Bein	rechtes Bein
A mOhm	17	17
GZ msec	130	130
PZ	220	220
α °	72	67
β °	34	38
RQ	0,8	0,8

Abb. 15

Abl. 4	linkes Bein	rechtes Bein
A mOhm	66	66
GZ msec	130	130
PZ msec	240	240
α °	85	85
β °	69	71
RQ	1,5	1,5

Abb. 16

Abl. 5	linkes Bein	rechtes Bein
A mOhm	48	36
GZ msec	120	110
PZ msec	250	260
α °	85	83
β °	69	68
RQ	0,8	0,7

Abb. 17

Abl. 6	linkes Bein	rechtes Bein
A mOhm	48	48
GZ msec	110	110
PZ msec	250	260
α °	85	85
β °	75	77
RQ	0,7	0,7

Bewertung der Kurvenform
Bei allen Ableitungen sind deutlich mehrere Nachwellen erkennbar, die Kurvengipfel sind spitz. Nur die Kurven der Abl. 3 zeigen eine mäßige Abrundung.

2.6 Erhebung relevanter Patientendaten

Die rheographischen Untersuchungen wurden bei stationären bzw. ambulanten Patienten im Knappschaftskrankenhaus Bochum-Langendreer von November 1977 bis Juni 1979 durchgeführt. Bei der Erstuntersuchung eines Patienten wurde eine Karteikarte angelegt. Hier wurden die Daten zur Anamnese und der Erstbefund eingetragen. Bei der Erhebung der Familienanamnese wurde nach Herzinfarkten, Apoplexie, Hypertonie und Diabetes mellitus gefragt. An Daten zur Eigenanamnese wurden Hypertonie, Herzinfarkte, Angina pectoris, zerebrale Durchblutungsstörungen (Apoplexie, TIA), Fettstoffwechselstörungen, Diabetes mellitus, Gicht, Hyper- und Hypothyreose und Nikotinabusus als Risikofaktoren für die allgemeine Gefäßsklerose vermerkt. Um Hinweise auf evtl. vorhandene Emboliequellen zu erhalten, wurde nach Herzfehlern und Herzrhythmusstörungen gefragt.

Die jetzige Anamnese umfaßte nach allgemeinen Angaben über Größe und Gewicht die akuten Beschwerden wie Schmerzen, Druck- oder Müdigkeitsgefühl mit genauer Lokalisationsangabe, Angabe der schmerzfreien Gehstrecke, von Parästhesien, Kältegefühl, Wadenkrämpfen und nächtlichen Ruheschmerzen bei horizontaler Lage. Bei der Inspektion der Extremitäten wurden auf Blässe, Marmorierung, schlechte Venenfüllung, trophische Störungen wie Hyperpigmentierung, einseitiges Fehlen der Behaarung, deformierte Zehnägel, Muskelatrophien, einseitige Ödeme sowie Nekrosen und Ulcera geachtet. Bei der Untersuchung wurden seitenvergleichend die Aa. carotis, brachialis, radialis, ulnaris, femoralis, poplitea, dorsalis pedis und tibialis posterior palpiert. Die Arterienauskultation erfolgte am Hals über der A. carotis und supraclaviculär, am Abdomen, in beiden Leistenbeugen und an der Innenseite beider Oberschenkel. Die Hauttemperatur der unteren Extremitäten wurde seitenvergleichend grob geprüft. Falls möglich, folgte danach, bei entsprechender Klinik und Anamnese, die Stellung der Diagnose AVK mit Angabe des Stadiums nach FONTAINE. Die Registrierung der 6 Rheogrammableitungen stand am Ende der Untersuchung (vgl. 2.3) Bei einer erneuten Untersuchung desselben Patienten wurden dann jeweils vor Aufzeichnung der Rheogramme nur noch die aktuellen Beschwerden erfragt und der Untersuchungsbefund mit Gefäßstatus in die Karteikarte eingetragen. Patienten mit Operationsindikation wurden zur genauen Lokalisationsdiagnostik und Operationsplanung angiographiert. Je nach Verdachtsdiagnose wurde dabei transfemoral oder translumbal vorgegangen.

2.7 Einteilung der Patientengruppen

Nach Abschluß der gesamten Untersuchungsserie wurden die Patienten drei Gruppen zugeordnet. Das erste Kollektiv umfaßt 32 Patienten, die sowohl vor einer rekonstruktiven Gefäßoperation als auch postoperativ rheographiert werden konnten. Das zweite Kollektiv von 14 Patienten wurde nur

postoperativ rheographisch untersucht. Das Operationsgut dieser beiden Gruppen stammt aus dem Jahre 1978. Es konnten jedoch nicht alle Gefäßoperationen dieses Jahres erfaßt werden. Die dritte Gruppe war heterogen. Sie umfaßte 18 Patienten, die aus verschiedenen Gründen rheographisch untersucht wurden, bei denen aber keine rekonstruktive Gefäßchirurgie möglich war. In dieser Gruppe wurde primär amputiert oder auch konservativ behandelt. Insgesamt wurden bei 64 Patienten ca. 1600 Rheogramme geschrieben und ausgewertet.

2.8 Verschlußlokalisation und Operationsverfahren

Aufgabe der angiologischen Diagnostik ist nicht nur die Festlegung des Schweregrades einer AVK, sondern auch eine möglichst genaue Verschlußlokalisation und ggf. die Stellung der Operationsindikation.

In den verschiedenen Abschnitten der unteren Extremitäten werden nicht nur unterschiedliche Verschlußhäufigkeiten gefunden, sondern auch die bevorzugten Operationsverfahren, die Risiken und die Prognose unterscheiden sich. Nach WAIBEL (1965) wurde die arterielle Strombahn der unteren Extremitäten in vier Etagen unterteilt:

1. Beckenabschnitt von der infrarenalen Aorta bis zum Abgang der A. femoralis profunda (Beckentyp),
2. Oberschenkelabschnitt vom Leistenband bis zum Adduktorenkanal (Oberschenkeltyp),
3. Kniekehlenabschnitt vom Ausgang des Adduktorenkanals bis zum Abgang der A. tibialis anterior (Popliteatyp),
4. von der Unterschenkelbi- bzw. -trifurkation an peripherwärts (Unterschenkeltyp).

Von einigen Autoren wird der Popliteatyp nicht gesondert aufgeführt, sondern zum Oberschenkeltyp gezählt (VOLLMAR, 1975; HEBERER, 1978; BOLLINGER, 1979).

Je nach Indikationsstellung werden die folgenden Operationsverfahren, einzeln oder kombiniert, angewandt:

1. Ringsondendesobliteration (syn: Thrombendarteriektomie, Ausschälplastik),
2. Umleitungsoperationen mit Kunststoffprothesen oder körpereigenen Venen,
3. Arterienersatz durch Interposition von Prothesen,
4. Erweiterungsplastiken,
5. Embolektomien.

Eine Gefäßrekonstruktion ist jedoch nur symptomatische Therapie. Die operative Beseitigung e i n e s Krankheitsherdes der Systemkrankheit Arteriosklerose bleibt ohne Einfluß auf den Verlauf der Grundkrankheit. Besonders in den Stadien 3 und 4 der AVK, bei denen die Kombinationsverschlüsse überwiegen, kann jedoch schon durch eine Teilkorrektur die Rückführung der ischämischen Gliedmaße in ein Stadium 2 oder 1 erreicht und damit die drohende große Gliedmaßenamputation vermieden werden. Gefäßrekonstruktionen sind keine lebenserhaltenden Operationen; in der Rangordnung der gliedmaßenerhaltenden Operationen stehen sie jedoch an erster Stelle. Das Operationsrisiko ist vertretbar gering. Bei der Amputation wird jedoch die mit dem Lebensalter anwachsende Letalität mit 11 bis 24 % angegeben. Die Operationsletalität der rekonstruktiven Gefäßoperationen ist abhängig von der Art der Operation und davon, in welcher Etage der Extremität operiert wurde. Sie liegt im femoro-poplitealen Abschnitt nur zwischen 0,4 und 4 % (VOLLMAR, 1975). FRANKE et al. (1978) geben für über 70-jährige Patienten die Letalität nach Gefäßrekonstruktionen mit 3,3 bis 21,1 %, je nach Revaskularisationsgebiet, und für Amputationen mit 42,5 % an.

3. Ergebnisse

3.1 Ergebnisse der ersten Gruppe

3.1.1 Allgemeines

Die erste Gruppe umfaßte 29 Männer und 3 Frauen zwischen 34 und 78 Jahren. Das Durchschnittsalter betrug 61,2 Jahre. Es handelte sich in 29 Fällen um eine chronische AVK, bei der sich intraoperativ bei 9 Fällen frische oder ältere Thrombosen fanden. 3 Patienten hatten akute embolische Verschlüsse. Insgesamt erfolgten 40 gefäßchirurgische Eingriffe an 35 Extremitäten; in 5 Fällen erfolgte noch im Beobachtungszeitraum eine Oberschenkelamputation.

8 Patienten hatten eine positive Familienanamnese. 30 Patienten waren Raucher. An weiteren Risikofaktoren fanden sich jeweils: Diabetes 6-mal, Hyperlipidämie 7-mal, Angina pectoris bzw. Herzinfarkt 12-mal, Hypertonie 10-mal, Adipositas 5-mal. In 9 Fällen wurde die Kombination von 2 Hauptrisikofaktoren, in weiteren 9 Fällen bei einem Patienten jeweils 3 oder 4 Hauptrisikofaktoren für die AVK gefunden. 3 Patienten hatten Herzrhythmusstörungen (absolute Arrhythmie).

Bei der Erstuntersuchung der Patienten fand sich die folgende Verteilung der Stadien der AVK nach FONTAINE:

Stadium 1	1 Fall +
Stadium 2a	2 Fälle
Stadium 2b	14 Fälle
Stadium 3	6 Fälle
Stadium 4	9 Fälle

+ Anm.: Dieser Fall betraf einen bereits einseitig amputierten, angeblich beschwerdefreien Mann, der mit Gehstützen eine unbeschränkte Gehstrecke angab. Angiographisch und rheographisch ergaben sich schwerste arteriosklerotische Veränderungen mit Verschlüssen und Stenosen beiderseits.

Bei den 15 Patienten des Stadiums 3 und 4, das sind nahezu die Hälfte, bestand somit eine absolute Operationsindikation.

Angiographisch wurden bei den 64 Extremitäten der ersten Untersuchungsgruppe 24 isolierte Verschlüsse und 20 Mehretagenverschlüsse gefunden und außerdem 32 Stenosen diagnostiziert. Wird das Material (Röntgenbilder) nach der Einteilung von RATSCHOW (1959), der nur den proximalsten Verschluß berücksichtigt, aufgeschlüsselt, ergeben sich folgende Häufigkeiten: Oberschenkeltyp 35-mal, Beckentyp 12-mal, Unterschenkeltyp 3-mal, Popliteatyp 2-mal. Diese Häufigkeitsverteilung stimmt mit den in der Literatur angegebenen Zahlen überein: Der Oberschenkeltyp ist am häufigsten, der periphere Typ am seltensten und der Bekkentyp nimmt eine Mittelstellung ein.

An spezieller medikamentöser Therapie wurde Naftidrofuryl (Dusodril) eingesetzt und zwar präoperativ als intravenöse Infusionsbehandlung, postoperativ als Dauertherapie in der Dosierung 3-mal 2 Dragees täglich. Dusodril senkt den Gefäßwiderstand, verbessert die Mikrozirkulation und greift direkt in das Stoffwechselgeschehen ein. Nach Angaben des Herstellers antagonisiert Dusodril schmerzfördernde biogene Stoffe, fördert die Zellatmung und steigert das Gewebeenergiepotential. RATSCHOW (1976) beurteilt die objektive und subjektive Wirkung als sehr gut, auch KAPPERT (1967) bezeichnet das Präparat als Erweiterung der therapeutischen Möglichkeiten bei der AVK.

Der low-dose-Heparinisierung, die zur postoperativen Thromboseprophylaxe meist mit 3-mal 5000 E Calciparin täglich oder Heparin-Dihydergot begonnen wurde, folgte bei fehlender Kontraindikation die Einstellung mit Dauerantikoagulantien (Marcumar) oder Thrombozytenaggregationshemmern (Colfarit). 15 Patienten wurden nach der Marcumareinstellung mit dem Ziel einer Dauerantikoagulation entlassen.

Alle Patienten wurden präoperativ angiographisch untersucht. Dabei wurde in 8 Fällen translumbal vorgegangen. Bei 6 Patienten erfolgte auch postoperativ eine angiographische Kontrolle.

Wundheilungsstörungen leichterer Art in Form von Secundärheilungen traten bei 5 Patienten auf, die Gefäßprothesen brauchten jedoch in keinem Fall entfernt zu werden.

Im Beobachtungszeitraum verstarben 4 Patienten, die alle bereits im Stadium 4 der AVK in stationäre Behandlung kamen: ein Patient 14 Tage nach Desobliteration der A. iliaca links an einem apoplektischen Insult, ein Patient 4 Tage nach Oberschenkelamputation an einer Lungenembolie, ein Patient 18 Tage nach Oberschenkelamputation an Herzversagen und ein Patient 20 Tage nach Oberschenkelamputation an einem Magencarcinom.

3.1.2 Operative Therapie

In der ersten Gruppe wurde 30-mal eine Thrombendarteriektomie (TEA) durchgeführt, dabei in 6 Fällen in Kombination mit einer Umleitungsoperation. Bei 6 chirurgischen Eingriffen wurden Beckenarterien desobliteriert. Die Ringsondendesobliterationen betrafen in 17 Fällen n u r den Oberschenkelbereich, eine Erweiterungsplastik der A. profunda femoris wurde 2-mal vorgenommen. Die Erweiterungsplastiken dienten in den meisten Fällen der Versorgung der Arteriotomie, sie wurden 13-mal mittels Kunststoffpatch, 9-mal mittels Venenpatch durchgeführt. Im Beckenbereich kamen Kunststoffprothesen 5-mal zum Einsatz:
Cross-over-Bypass von der linken zur rechten A. femoralis communis (Dacron),
Ileo-femoraler-Bypass rechts (Dacron),
Aorto-poplitealer-Bypass links (Dacron),
Iliaca-communis-Bypass links (Dacron),
Y-Prothese (Aorta-Iliaca-Ersatz, Dacron).

Im Oberschenkelbereich wurden die folgenden Umleitungsoperationen durchgeführt:
Femoro-poplitealer-Bypass links, 2-mal (Dacron),
Femoro-poplitealer-Bypass rechts (Dacron),
Femoro-poplitealer-Bypass links (Gerotex),
Femoro-cruraler-Bypass links (Dacron),
Interposition innerhalb der A. femoralis superficialis links, 2-mal (Dacron),
Interposition zwischen A. femoralis superficialis und Trifurkation links (Dacron),
Femoro-poplitealer-Venenbypass links.

26 Eingriffe wurden an linken Extremitäten bzw. linksseitig ausgeführt, nur 10 Eingriffe betrafen die rechte Extremität. Bei den übrigen Patienten wurde bei einem operativen Eingriff sowohl rechts- als auch linksseitig vorgegangen (Operationsbeispiel: halbgeschlossene Thrombektomie der Aorta, beider Beckenarterien und beider Unterschenkel).

In 3 Fällen erfolgter Frührezidivverschlüsse, die operativ durch eine Embolektomie revidiert wurden. Bei 5 Patienten entschied man sich nach dem erfolglosen gefäßchirurgischen Eingriff zur Oberschenkelamputation, die 3 bis 12 Wochen nach dem Ersteingriff erfolgte. Diese Patienten befanden sich bei der Krankenhausaufnahme alle im Stadium 4 der AVK nach FONTAINE.

3.1.3 Rheographische Ergebnisse

Die Patienten dieser Gruppe wurden einige Tage präoperativ und dann, je nach Wundverhältnissen, zwischen dem 5. und 50. Tag postoperativ rheographisch untersucht. Der überwiegende Teil der Patienten konnte bis zum 17. Tag, also kurz vor der Entlassung aus der stationären Behandlung, rheographisch kontrolliert werden; nur bei 6 Patienten verzögerte sich die erste Kontrolle wegen lokaler oder

allgemeiner Komplikationen um mehr als 20 Tage. Einige Monate nach der Krankenhausentlassung wurden die Patienten zu einer ambulanten Kontrolluntersuchung gebeten. So konnten in 24 Fällen 3 oder mehr Rheographieserien geschrieben werden. Die Nachuntersuchungszeiten lagen zwischen 3 und 14 Monaten postoperativ. Im Durchschnitt ergab sich ein Zeitraum von 6 Monaten postoperativ für die letzte rheographische Kontrolle.

Die folgende Tabelle gibt eine Übersicht über die Mittelwerte von präoperativ geschriebenen Rheogrammen der "gesunden" Extremität, also der Seite, die später nicht operiert wurde. Es wurden 9 linke und 19 rechte Extremitäten ausgewertet. 2 Patienten waren bereits linksseitig oberschenkelamputiert. Bei den übrigen Patienten wurde beim operativen Eingriff beidseitig vorgegangen.

	Abl. 1	Abl. 2	Abl. 3	Abl. 4	Abl. 5	Abl. 6
A	111(162)	66(90)	29(24)	51(68)	50(78)	50(73)
GZ	160(134)	169(136)	151(140)	164(140)	164(118)	148(110)
PZ	206(251)	196(243)	190(234)	211(250)	231(272)	253(291)
α	85(88)	81(86)	67(74)	78(85)	78(86)	80(86)
β	76(82)	66(73)	36(45)	58(67)	62(77)	65(76)
RQ	0,8(1,1)	0,9(1,3)	0,8(0,9)	1,1(1,5)	0,7(1,0)	0,6(0,9)

Tab. 2 Mittelwerte von rheographischen Messungen bei "gesunden" Extremitäten von Patienten der Gruppe 1, in Klammern die Mittelwerte der Normalpersonen

Zur besseren Übersicht wurden die Mittelwerte aller Ableitungen gebildet. Es ergaben sich die folgenden Werte:

A mOhm:	59,5 (82,4)	GZ msec:	159 (129,3)
PZ msec:	214,5 (256,4)	α° :	78,2 (84)
β° :	60,5 (69,7)	RQ:	0,82(1,1)

Für die Beschreibung der Nachwellen ergab sich bei 151 Rheogrammen:

deutlich:	62 = 41,1 %	(75 %)
angedeutet:	60 = 39,7 %	(23,3 %)
keine:	29 = 19,2 %	(1,7 %)
mehrere:	104 = 68,9 %	(95 %)
eine:	18 = 11,9 %	(1,7 %)

Für die Beschreibung der Kurvengipfel ergab sich bei 151 Rheogrammen:

spitz:	52 = 34,4 %	(90 %)
mäßig abgerundet:	87 = 57,6 %	(10 %)
plump:	11 = 7,3 %	(0 %)

5 Rheogramme waren nicht auswertbar, da keine Pulswellen sondern nur noch Modulationen der Grundlinie erkennbar waren. 3 Rheogramme der Abl. 6 wurden nicht geschrieben, da auf der Gegenseite eine Elektrodenanlage wegen Nekrosen nicht möglich war und deshalb auf seitengleiche Registrierung verzichtet werden mußte.

Eine Amplitudenreduktion wurde in allen Ableitungen ersichtlich.

Die Mittelwerte der GZ lagen deutlich höher als bei den Normalpersonen, jedoch noch im Normalbereich. Die Häufigkeitsverteilung (siehe Abb. 18) zeigt jedoch, daß bei 151 Werten 35-mal (23,2 %) Werte über 180 msec gefunden wurden, die sicher pathologisch sind, weitere 7 (4,6 %) sind mit 180 msec im Grenzbereich.

Die PZ zeigt ebenfalls eine Verschiebung zu niedrigeren Mittelwerten, die Zunahme von Abl. 3 bis 6 ist jedoch deutlich ersichtlich (vgl. Tab. 2).

Der Normalbereich für den Winkel α (83° bis 88°) wird bei den Mittelwerten nur für die Abl. 1 erreicht. Die Mittelwerte der Ableitungen 2 bis 6 liegen deutlich niedriger, ebenso wie sämtliche Meßwerte von β.

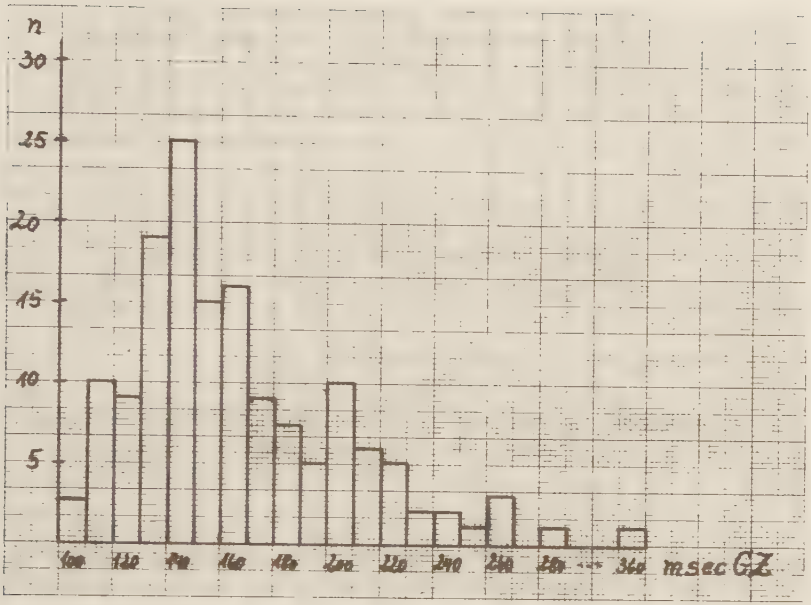

Abb. 18 Verteilung der Gipfelzeiten bei "gesunden" Extremitäten von Patienten der 1. Gruppe

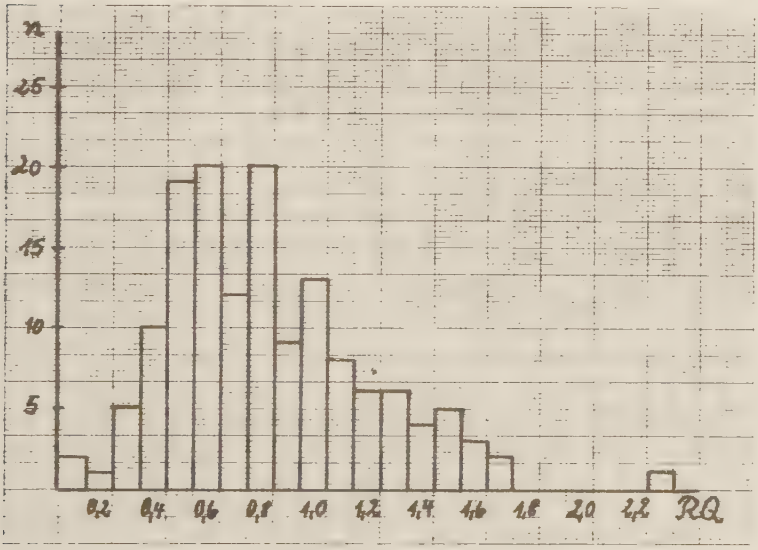

Abb. 19 Verteilung des RQ bei "gesunden" Extremitäten von Patienten der 1. Gruppe

Die Mittelwerte für den RQ liegen alle im angegebenen Normbereich von 0,5 bis 2,0, jedoch deutlich niedriger als bei den Normalpersonen. Aus der Häufigkeitsverteilung ersieht man, daß von 146 Werten 18 (12,3 %) unter 0,5 liegen, also sicher pathologisch sind, und weitere 19 (13 %) mit einem RQ von 0,5 im Grenzbereich (siehe Abb. 19).

Zusammenfassend läßt sich zur präoperativen rheographischen Untersuchung der später nicht operierten Seite sagen, daß man keinesfalls die Auswertung nur auf das angeblich "gesunde" Bein beziehen darf. Die AVK ist, entsprechend der generalisierten Ausbreitung der Arteriosklerose, in den meisten Fällen beidseits zu finden, wenn auch mit graduellen Unterschieden. Angiographisch wurden bei 30 Patienten beiderseits pathologische Veränderungen gefunden, nur in 2 Fällen war die Gegenseite unauffällig. Dieser Befund steht in guter Übereinstimmung mit den rheographischen Befunden dieser Untersuchung.

Von den 32 Patienten der ersten Gruppe wurden in dieser Untersuchung 34 operierte Extremitäten rheographisch untersucht und ausgewertet. Bei einem Patienten konnten bei allen Untersuchungen und Ableitungen nur Rheogramme geschrieben werden, die nicht auswertbar waren. Der Patient hatte einen Tremor, der total verzitterte Kurven zur Folge hatte. Die Abl. 6 konnte wegen Nekrosen 3-mal nicht mitregistriert werden. Präoperativ waren bei 8 Patienten rechnerische Auswertungen einzelner Ableitungen nicht mehr möglich, da keine Pulswellen, sondern nur noch Modulationen der Grundlinie erkennbar waren. Hiervon wurden 13 Ableitungen betroffen. Bei der G e s a m t z a h l a l l e r postoperativen Messungen wurden nur noch bei 6 Patienten 15 "Nulllinienrheogramme" gefunden.

Bei der folgenden Übersicht über die Mittelwerte werden in der ersten Spalte die präoperativen (prä), in der zweiten Spalte die ersten postoperativen (p. 1, durchschnittlich

15 Tage nach der Operation) und in der dritten Spalte die letzten postoperativen (p. 2, durchschnittlich 6 Monate nach der Operation) Werte angegeben.

Abl.	prä 1	p.1	p.2	prä 2	p.1	p.2	prä 3	p.1	p.2
A mOhm	62	73	79	38	43	47	13	14	16
GZ msec	209	178	176	206	164	173	177	151	151
PZ msec	219	204	205	201	197	198	191	193	191
α °	77	78	83	73	77	81	57	60	66
β °	62	67	71	53	54	61	31	32	39
RQ	0,41	0,59	0,63	0,56	0,71	0,75	0,52	0,66	0,71
Abl.	4			5			6		
A mOhm	30	32	31	27	32	38	24	28	34
GZ msec	205	163	172	207	161	174	201	173	175
PZ msec	212	200	205	241	228	231	275	251	257
α °	70	71	74	66	73	75	62	69	70
β °	47	45	53	45	49	56	40	46	52
RQ	0,66	0,93	0,90	0,34	0,46	0,53	0,27	0,40	0,44

Tab. 3 Prä- und postoperative Mittelwerte von rheographischen Messungen bei Patienten der Gruppe 1

Bei den Mittelwerten muß bedacht werden, daß auch die erfolglosen operativen Eingriffe mit Verschlechterungen und unveränderten postoperativen Durchblutungsverhältnissen mit eingehen und die positiven Ergebnisse gegensinnig verändern. Trotzdem sind in der Gesamtheit aller operativen Eingriffe die Verbesserungen anhand der Mittelwerte deutlich erkennbar.

Die Amplitude zeigt bei allen Ableitungen eine Zunahme des Mittelwertes bei der ersten postoperativen Kontrolle, die bei der letzten Untersuchung noch deutlicher ausfällt. Die Steigerung beträgt insgesamt nahezu 20 % bezogen auf den präoperativen Mittelwert. Die niedrigere Amplitude der

ersten postoperativen Untersuchung läßt sich durch die Entstehung von postoperativen Gliedmaßenödemen erklären. Bei 5 Patienten konnte bei der ersten postoperativen Untersuchung ein deutliches Ödem der operierten Extremität durch vergleichende Umfangsmessungen festgestellt werden. Jedoch muß auch bei allen anderen Patienten mit einem "inneren" Ödem gerechnet werden. VOLLMAR (1975) gibt für das postoperative Gliedmaßenödem eine Häufigkeit zwischen 15 und 20 % und eine Dauer von 2 bis 3 Monaten an. Die Genese des postoperativen Ödems ist vielfältig, wobei die Einzelfaktoren bei den verschiedenen Patienten unterschiedlich wirksam werden. Die Folge der vermehrten Flüssigkeitsanreicherung ist ein erhöhter Nebenschluß und damit eine Reduktion der rheographischen Amplitude (KAINDL et al., 1979). Eine typische "Curve en miniature" (steiler Anstieg, deutlich reduzierte Amplitude, enger Kurvengipfel, deutliche Nachwelle) wurde bei 3 Patienten bei der ersten postoperativen Messung gefunden und war zu einem späteren Zeitpunkt nicht mehr nachweisbar.

Die Mittelwerte der Gipfelzeiten liegen alle im pathologischen Bereich, mit Ausnahme der Abl. 3, die im Grenzbereich liegt. Postoperativ ist durchgehend ein Abfall in den Normalbereich zu sehen, wobei ein leichter Anstieg bei der letzten Messung deutlich wird. Das könnte ein Hinweis auf die Progredienz der AVK sein. Die Entwicklung der GZ wird deutlich bei Gegenüberstellung der prä- und postoperativen Werte der e i n z e l n e n Patienten. Es wurden dazu die Mittelwerte der 6 Ableitungen präoperativ und die Mittelwerte der 6 Ableitungen sämtlicher postoperativer Messungen gebildet. Präoperativ wurden 8 (25 %) Normalwerte, 5 (15,6 %) Werte im Grenzbereich und 19 (59,4 %) pathologische Werte gefunden, postoperativ 19 (59,4 %) Normalwerte, 6 (18,7 %) Grenzwerte und 7 (21,9 %) im pathologischen Bereich.

Die Darstellung der Verteilung der Mittelwerte der GZ der prä- und postoperativen Messungen zeigt die Abb. 20.

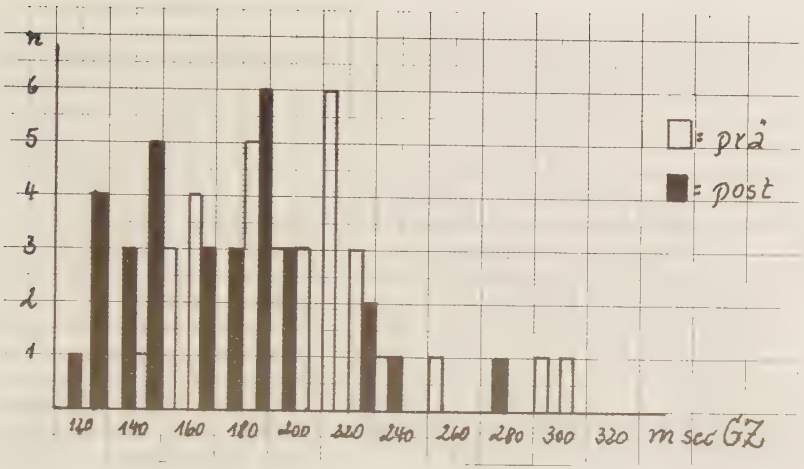

Abb. 20 Verteilung der GZ bei prä- und postoperativen Messungen der Patienten der 1. Gruppe

Bei der Einzelauswertung der Ableitungen 1 bis 6 ergaben sich ähnliche Größenordnungen: z.B. für die wichtige Abl. 5 präoperativ 28,6 % normale, 7,1 % grenzwertige und 64,3 % pathologische Gipfelzeiten; bei der letzten postoperativen Untersuchung 71,4 % normale, 3,6 % grenzwertige und 25 % pathologische Gipfelzeiten.

Die Mittelwerte der PZ liegen präoperativ deutlich unter den Mittelwerten der Normalpersonen (vgl. Tab. 1). Bei der Abl. 3 wurde eine Verringerung von 22 % gefunden, für die Abl. 6 nur noch 6 % Unterschied. DERBLOM et al. (1970 a und b) finden jedoch bei über 50-jährigen Normalpersonen bezogen auf unter 50-jährige Normalpersonen eine Reduktion um 20 %, für die sie den altersabhängigen Elastizitätsverlust der Arterien verantwortlich machen. Somit geben die Absolutwerte keine zusätzliche Information. Die Zunahme der Mittelwerte der PZ von Abl. 3 bis 6 ist in der Abb. 21 ebenfalls deutlich ersichtlich. Nach JANTSCH (1958 u. 1959) sollen diese Unterschiede bei allgemeiner

Gefäßsklerose verschwinden. In meiner Untersuchung wurde jedoch nur bei einem Patienten bei der Abl. 3 und 6 genau derselbe Wert für die PZ gefunden.

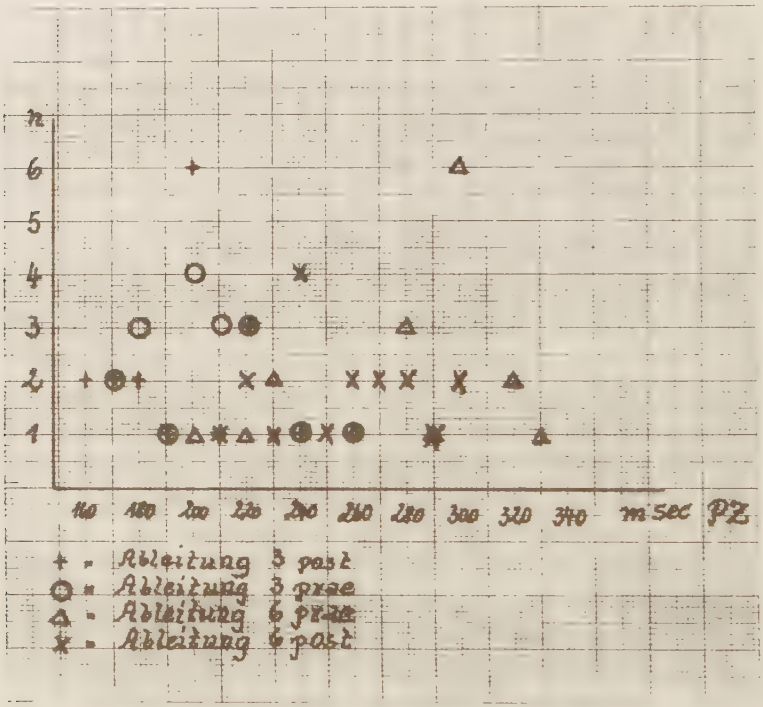

Abb. 21 Verteilung der PZ der Ableitungen 3 und 6 bei prä- und postoperativen Messungen der Patienten der 1. Gruppe

Rechts-Links-Unterschiede der PZ wurden bei 13 Patienten präoperativ deutlich, wobei bei einem Patienten für mindestens eine Abl. ein Unterschied von 30 msec oder mehr für eine positive Wertung gefordert wurde.

Bei der Mehrheit der Patienten fand sich postoperativ eine Abnahme der PZ und nur bei 7 Patienten eine Zunahme. Bei 6 dieser Patienten stellte sich nach Bewertung aller

anderen Kriterien heraus, daß die arterielle Rekonstruktion nicht erfolgreich war, ja, daß es in 3 Fällen sogar zu einer Verschlechterung der präoperativen Durchblutungsverhältnisse kam.

Die Mittelwerte für den Winkel α erreichen in keiner Ableitung, weder prä- noch postoperativ, die Mittelwerte der Normalpersonen. Die präoperativen Werte lagen für die Ableitungen 3 und 4 ca. 20 % unter dem Mittelwert der Normalpersonen. Sie sanken weiter ab für die Abl. 5 auf 31 % und für die Abl. 6 auf 38 % unter der Norm. Die fortschreitende distale Abflachung des Winkels α, der ja ein Maß für die Steilheit des systolischen Anstiegs und damit für die Blutteilchengeschwindigkeit ist, wird durch den peripherwärts zunehmenden Druckgradienten bei einer proximalen Strömungsbehinderung verständlich. Ist die Durchblutung noch geringer, werden keine Pulswellen mehr registriert. Präoperativ zeigen 11 % der distalen Ableitungen 5 und 6 nur noch Modulationen der Grundlinie, bei den postoperativen Rheogrammen der Ableitungen 5 und 6 reduziert sich der Anteil auf 5 % "Nulllinienrheogramme".

Die Abb. 22 zeigt die Veränderungen der Mittelwerte des Winkels α bei den einzelnen operierten Extremitäten in %, bezogen auf den präoperativen Wert. Aus der Häufigkeitsverteilung ersieht man 5 Verschlechterungen (flachere Winkel, 70 bis 89 %), 12 unveränderte (90 bis 109 %) und 15 verbesserte (steilere Winkel, 110 bis 149 %) Winkelwerte.

Die prozentualen Veränderungen der Mittelwerte des Winkels α (mit Ausnahme der Abl. 3) werden für die 32 Extremitäten in der Abb. 23 dargestellt. Die Absolutwerte in % wurden auf den Normalwert 83 = 100 % bezogen. Es fällt auf, daß nur in 6 Fällen postoperativ 100 % erreicht werden und zwar bei Patienten, die schon präoperativ einen relativ steilen Winkel α hatten, der im Durchschnitt über 90 % des Normalwertes betrug.

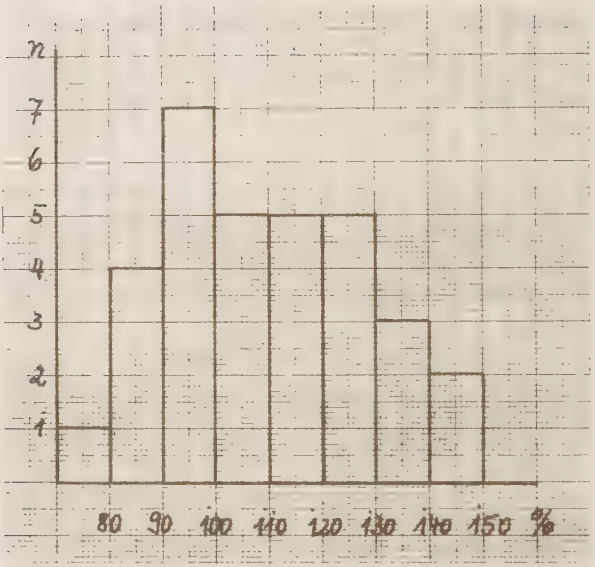

Abb. 22 Verteilung der prozentualen Änderungen der Mittelwerte des Winkels α bei prä- und postoperativen Messungen der Patienten der 1. Gruppe

Gegenüber der ersten postoperativen Messung ist bei allen Ableitungen der letzten postoperativen Kontrolle wiederum ein deutlicher Anstieg bei den Mittelwerten des Winkels α zu verzeichnen. Da der Winkel α von der Amplitudenhöhe abhängig ist, gelten auch hier die Schlußfolgerungen zu den postoperativen Amplitudenveränderungen. Erst nach Verschwinden des "inneren" Ödems kommt es zu einer weiteren Zunahme der Steilheit des Winkels α. Hinzu treten sicherlich auch Verbesserungen durch trainingsbedingte Kollateralenbildung, die, bei zunächst erfolgloser Operation und der operationsbedingten Immobilisation des Patienten, im Spätergebnis doch noch eine rheographisch darstellbare Zunahme der Durchblutung zeigen.

Die Mittelwerte des Winkels β zeigen für die Ableitungen 1 bis 6 ähnliche Tendenzen wie die Mittelwerte des Winkels α. Aufgrund der breiten Steuung schon bei den Normalpersonen war ein Normbereich schwierig festzulegen; die prä-

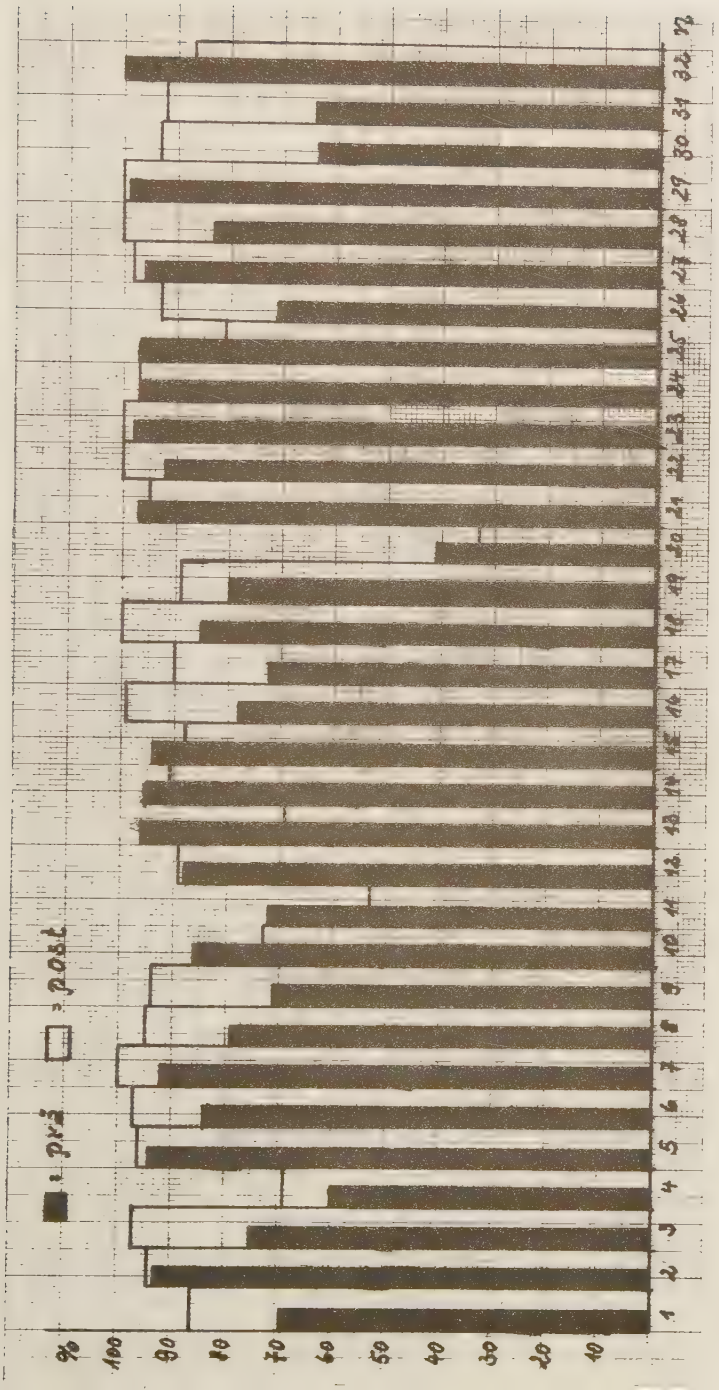

Abb. 23 Darstellung aller prä- und postoperativen Werte des Winkels α in % bei Patienten der 1. Gruppe

und postoperativen Meßwerte streuen noch weiter. Postoperativ wurden 33 % der Werte über 60° gefunden, davon lagen jedoch schon präoperativ 25 % in diesem Bereich. Wenn man außerdem noch berücksichtigt, daß der Winkel β, ebenfalls wie α, von der Amplitudenhöhe abhängig ist, bringt er keine wesentliche Zusatzinformation, zumal bei der postoperativen Zu- oder Abnahme eine gute Übereinstimmung mit α besteht.

Die Mittelwerte des RQ der Ableitungen 1 bis 6 lagen alle deutlich unter den Mittelwerten der Normalpersonen, davon fast alle präoperativen Werte im pathologischen bzw. Grenzbereich. Die Abnahme der Durchblutung peripherwärts wird auch hier sehr deutlich: Bei Abl. 3 werden noch 58 % des Mittelwertes der Normalpersonen erreicht, bei Abl. 4 46 %, bei Abl. 5 34 % und bei Abl. 6 nur noch 30 %. Dieses Verhältnis bleibt postoperativ bestehen, wenn auch eine Zunahme des RQ um ca. 20 % bei der letzten postoperativen Untersuchung bei allen Ableitungen zu verzeichnen ist.

Wird der Mittelwert aller Messungen der einzelnen operierten Extremitäten gebildet, so erhält man präoperativ einen RQ von 0,48, also einen pathologischen Wert, postoperativ einen RQ von 0,65, also einen Wert im Normalbereich.

Die Verteilung der prä- und postoperativen Mittelwerte des RQ der operierten Extremitäten zeigt die Abb. 24. Präoperativ liegen 55 % im pathologischen Bereich, 29 % im Grenzbereich und 16 % im Normalbereich. Postoperativ liegen 29 % im pathologischen Bereich, 10 % im Grenz- und 61 % im Normalbereich. Bei den distalen Ableitungen werden die Ergebnisse schlechter. Für die wichtige Abl. 5 ergab sich die folgende Verteilung des RQ: präoperativ 71 % pathologische, 22 % Grenzwerte und nur 7 % normale Werte; postoperativ 40 % pathologische, 15 % Grenzwerte und 45 % normale Werte. Die Abb. 25 stellt prä- und postoperative Absolutwerte des RQ der operierten Extremitäten gegenüber, wobei die postoperativen Werte die Mittelwerte aller

postoperativen Messungen darstellen. Eine Abnahme des RQ postoperativ korrelierte gut mit den klinischen Befunden einer Verschlechterung der Durchblutung.

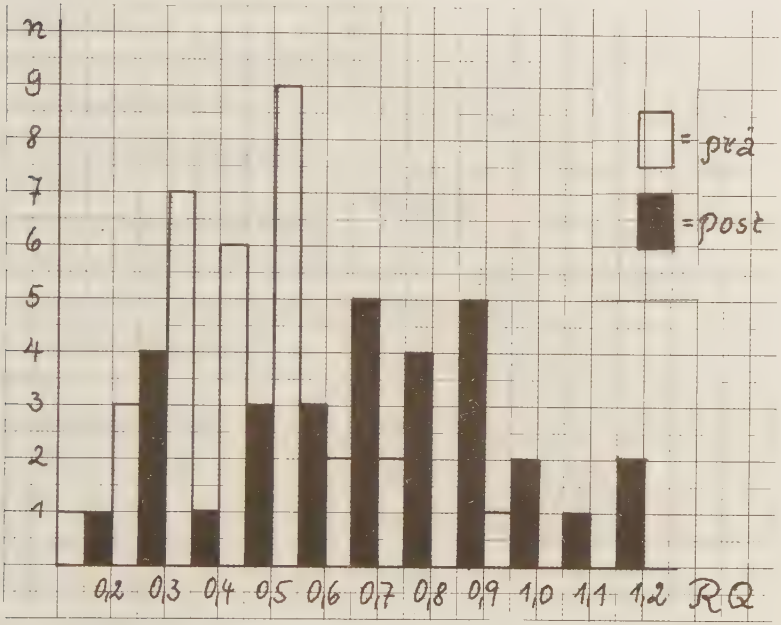

Abb. 24 Verteilung der prä- und postoperativen Mittelwerte des RQ bei Patienten der 1. Gruppe

Die folgende Tabelle gibt eine Übersicht über die Häufigkeiten der Bewertungskriterien zur Kurvenform.

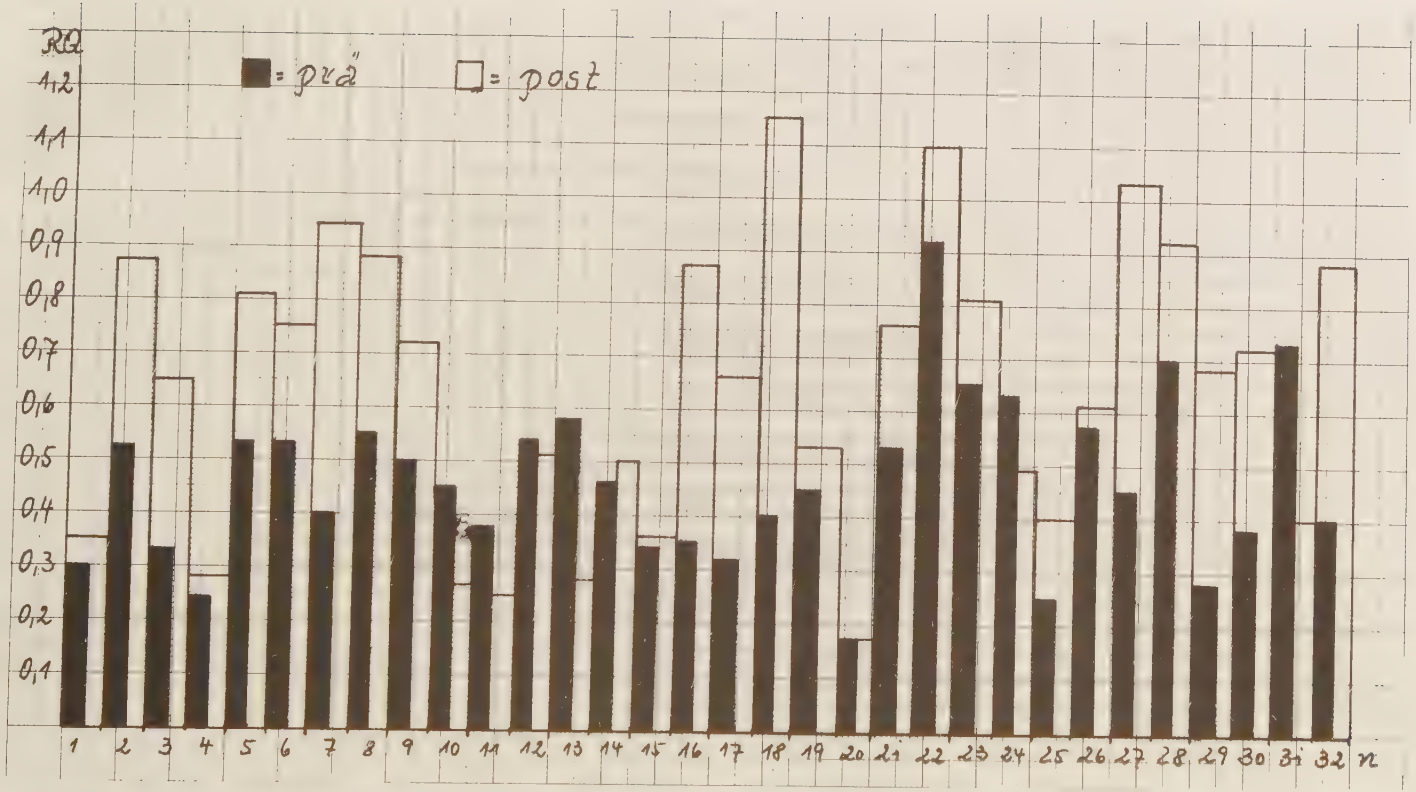

Abb. 25 Darstellung aller prä- und postoperativen Werte des RQ bei Patienten der 1. Gruppe

	Nachwellen				Kurvengipfel		
	prä	post1	post2		prä	post1	post2
0 %	28,8	14,4	20,6	S %	7,3	17,7	16,4
1	2	8,3	3,6	M	55,7	54,3	64,3
m	34,9	34,7	36,1	P	29,7	25,3	13,5
d	9,5	18,1	17,3	O	7,3	2,7	5,8
a	26,1	14,5	22,4				

Tab. 4 Prozentuale Häufigkeiten der Bewertungskriterien zur Kurvenform bei Rheogrammen von Patienten der Gruppe 1
O = keine bzw. "Nulllinienrheogramm"
1 = eine S = spitz
m = mehrere M = mäßig abgerundet
d = deutlich P = plump
prä = präoperativ, post 1 = erste postoperative Messung, post 2 = letzte postoperative Messung

In dieser Aufstellung ist die Gesamtheit aller Kurvenkriterien erfaßt. Die jeweilige Richtung der Veränderung jeder e i n z e l n e n Kurvenform ist nicht ersichtlich; in der Gesamtheit wird jedoch sehr wohl die Verbesserung zum Normalen hin deutlich. Bei den Nachwellen nehmen Anzahl und Ausprägungsgrad postoperativ zu, während der Anteil der Rheogramme ohne Nachwellen abnimmt. Der Anteil der spitzen Kurvengipfel erhöht sich postoperativ zwar nur um ca. 10 %, jedoch verringert sich der Anteil der Rheogramme mit den stärksten pathologischen Veränderungen (P und O) bei der letzten Untersuchung um fast 20 %.

Eine Gesamtübersicht über die Tendenz der Meßwerte der operierten Extremitäten gibt die nachstehende Zusammenstellung. Die postoperativen Ergebnisse wurden durch die folgenden Symbole gekennzeichnet: + für Zunahme, - für Abnahme des Mittelwertes aller postoperativen Messungen und +-, wenn keine Veränderung zu verzeichnen war. Die Normalbereiche für den RQ und die GZ wurden jeweils durch ein N gekennzeichnet: steht es vor dem + oder - waren

bereits die präoperativen Werte im Normbereich, steht es nach den Symbolen wurden postoperativ Normalwerte erreicht. (N) steht dabei für den Grenzbereich.

Gesamtergebnis der operierten Patienten der Gruppe 1 im Überblick

lfd. Nr.	RQ	GZ	α	β	PZ	A
1	+	+–	+	+	–	+
2	(N) + N	– N	+	+	–	+–
3	+ N	– (N)	+	+	–	+
4	+	– (N)	+	+	–	+
5	(N) + N	– N	+	+	–	+
6	(N) + N	– N	+	+	–	+
7	+ N	– N	+	+	–	+
8	(N) + N	– N	+	+	–	+
9	(N) + N	– N	+	+	–	+
10	–	(N) – N	–	–	+	–
11	–	+	–	–	+	–
12	(N) – N	(N) – N	+	–	+	–
13	(N) –	+	–	–	+–	–
14	+ (N)	– (N)	–	–	+	+
15	+	N – N	–	–	–	–
16	+ N	–	+	+	–	+
17	+ N	N + (N)	+	+	–	+
18	+ N	– N	+	+	–	+
19	+ (N)	– N	+	+	–	+
20	+	+	+	–	+	+–
21	(N) + N	– N	–	–	–	–
22	+ N	(N) – N	+	+	–	+
23	N + N	N – N	+	+	–	+
24	N + N	N +– N	–	–	–	+
25	N –	N + (N)	–	–	–	–
26	+	– (N)	+	+	–	+
27	(N) + N	(N) – N	+	–	–	–
28	+ N	N – N	+	+	+	+
29	N + N	(N) – N	+	–	–	+
30	+ N	–	+	+	+	+
31	+ N	– N	+	+	–	+
32						

Für die Beurteilung der Operationsergebnisse dieser Gruppe wurden klinische, rheographische und, falls vorhanden, angiographische Befunde herangezogen. Durch die gefäßchirurgischen Eingriffe konnten 20 (62,5 %) Verbesserungen der Durchblutungsverhältnisse, davon 9 sehr gute Ergebnisse erreicht werden. Bei 2 Patienten reichte die Verbesserung jedoch nicht aus, die Extremität zu erhalten. 9 (28,1 %) operierte Extremitäten zeigten bei der letzten postoperativen Kontrolle im Vergleich zum präoperativen Befund keine wesentliche Änderung. Bei 3 Fällen war nach zunächst gebesserten Verhältnissen noch im Beobachtungszeitraum ein Spätrezidiv aufgetreten, davon konnten bei einem Patienten durch einen Zweiteingriff nach 6 Monaten wiederum nahezu normale Durchblutungsverhältnisse geschaffen werden. 2 Patienten, bei denen die Gefäßrekonstruktion keine Verbesserung brachte, mußten amputiert werden. Eine postoperative Verschlechterung der Durchblutungsverhältnisse wurde in 3 (9,4 %) Fällen gefunden und hatte bei einem Patienten eine Oberschenkelamputation zur Folge.

3.1.4 Fallbeispiele

3.1.4.1 Patienten mit operativen Eingriffen ausschließlich an der A. femoralis superficialis

Beispiel 1: W.V., 68-jähriger Mann

F.A.: Vater Diabetes mellitus.
E.A.: seit 48 Jahren Nikotinabusus, seit einigen Wochen Diabetes mellitus und Hyperlipidämie.
J.A.: seit 3 Monaten Abnahme der Gehstrecke bis zuletzt auf 100 Meter, dann rechtsseitig Schmerzen, die von der Wade bis in den Oberschenkel ausstrahlen, Sensibilitätsstörungen im rechten Fuß.
Befund: rechter Fuß deutlich kühler, A. poplitea, dorsalis pedis und tibialis posterior rechts nicht tastbar.
Stadium der AVK: 2 b.

Angiographie: kurzstreckiger Verschluß (2 cm) der A. femoralis superficialis im Adduktorenkanal rechts bei Arteriosklerose (siehe Abb. 26).
Operative Therapie: Ringsondendesobliteration der rechten A. femoralis superficialis mit Erweiterungsplastik (Kunststoffpatch).
Verlauf: Fußpulse postoperativ wieder tastbar, unbeschränkte Gehstrecke.

Die prä- und postoperativen Rheogramme der Abl. 1 zeigen die Abbildungen 27 (präoperativ, I), 28 (14 Tage postoperativ, II) und 29 (5 Monate postoperativ, III).

Die Auswertung der gezeigten Rheogramme wird in der folgenden Tabelle gegenübergestellt. (Linkes Bein im Bild oben = jeweils erste Zeile, rechtes Bein im Bild unten = jeweils zweite Zeile).

	prä (I)		post (II)		post (III)	
A mOhm	155	124	166	134	170	155
GZ msec	140	160	190	200	150	150
PZ msec	200	190	180	190	180	180
α °	88	87	87	87	88	88
β °	80	84	81	77	81	81
RQ	1,0	0,7	0,9	0,9	1,0	1,0

Tab. 5 Auswertung der prä- und postoperativen Rheogramme der Abl. 1 zum Fallbeispiel 1

Obwohl der Verschluß nur sehr kurzstreckig war, werden die Rechts-Links-Unterschiede schon bei der Abl. 1, die ja nur der ersten Übersicht dienen soll, recht deutlich sichtbar. Das beste rheographische Ergebnis wurde nach 5 Monaten postoperativ erzielt: völlige Normalisierung aller Meßwerte beidseits. Sogar Nachwellen sind rechts wieder deutlich erkennbar. Die mäßige Abrundung des Kurvengipfels beidseits gibt Hinweise auf den normalen altersbedingten Elastizitätsverlust der Arterien.

Abb. 26 Angiographie zum Fallbeispiel 1

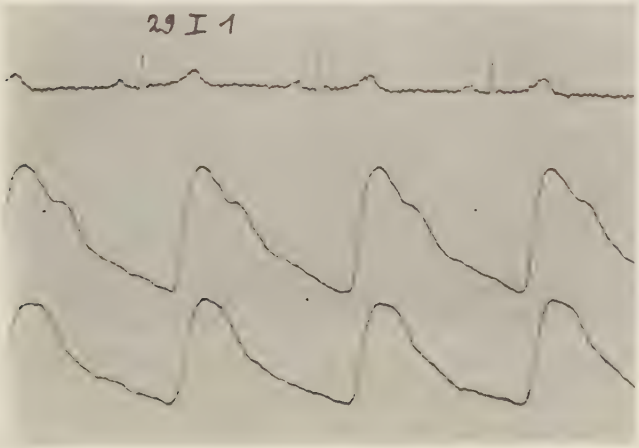

Abb. 27 Rheogramm der 1. Abl. der präoperativen Messung zum Fallbeispiel 1

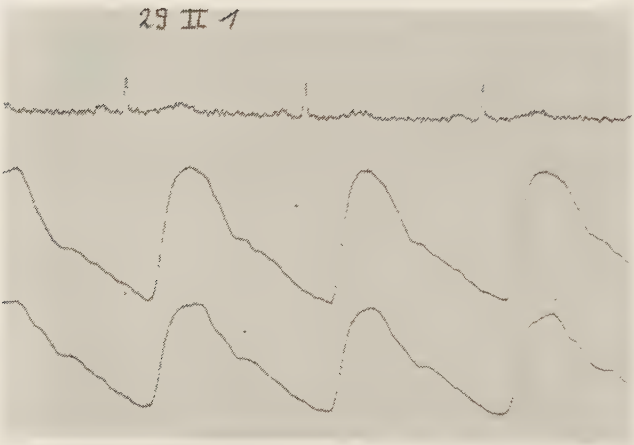

Abb. 28 Rheogramm der 1. Abl. der 1. postoperativen Messung zum Fallbeispiel 1

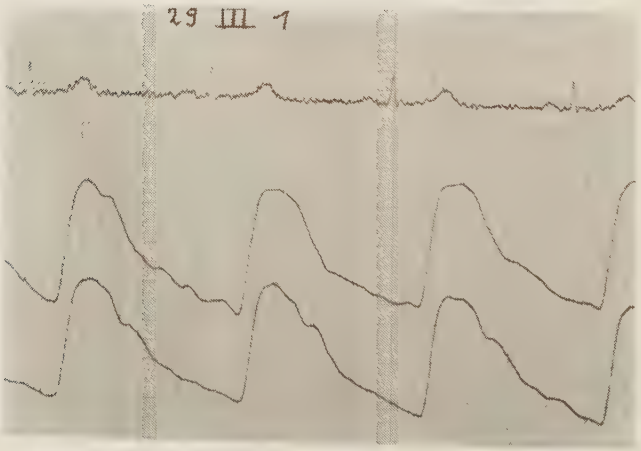

Abb. 29 Rheogramm der 1. Abl. der 2. postoperativen Messung zum Fallbeispiel 1

Beispiel 2: H.W., 65-jähriger Mann

F.A.: Ø
E.A.: seit 45 Jahren Nikotinabusus, vor 3 Jahren Bandscheibenoperation.
J.A.: 10 Tage vor der stationären Aufnahme plötzlicher Schmerz in der linken Wade, seitdem Ruheschmerzen, besonders im linken Fuß.
Befund: beide Füße kalt, links blasser als rechts, A. poplitea, dorsalis pedis und tibialis posterior links nicht tastbar.
Stadium der AVK: 3
Angiographie: Verschluß der A. femoralis superficialis links im Adduktorenkanal, Stenosen der A. iliaca interna links, der A. femoralis und femoralis superficialis rechts bei Arteriosklerose (siehe Abb. 30).
Operative Therapie: halbgeschlossene Ringsondendesobliteration der A. femoralis superficialis links.
Wegen eines Frührezidivs erfolgte 2 Tage später ein zweiter operativer Eingriff: Revision, Thrombektomie und Defektüberbrückung mit einer Dacron-Prothese.
Verlauf: Fußpulse links postoperativ nicht tastbar, Gehstrecke 200 Meter, wahrscheinlich Teilläsion des N. tibialis links.

Die prä- und postoperativen Rheogramme der Abl. 5 zeigen die Abbildungen 31 (präoperativ, I), 32 (15 Tage postoperativ, II), 33 (39 Tage postoperativ, III) und 34 (4,5 Monate postoperativ, IV).

Die Auswertung der gezeigten Rheogramme zum zweiten Fallbeispiel zeigt die folgende Tabelle. (Linkes Bein im Bild oben = jeweils erste Zeile, rechtes Bein im Bild unten = jeweils zweite Zeile).

Abl. 5	prä (I)		post (II)		post (III)		post (IV)	
A mOhm	21	72	26	76	33	60	52	86
GZ msec	360	100	200	130	170	130	180	150
PZ msec	80	260	230	230	250	240	240	240
α °	37	87	74	86	76	85	82	85
β °	37	79	48	77	45	76	57	78
RQ	0,2	1,3	0,4	0,9	0,6	0,9	0,7	1,0

Tab. 6 Auswertung der prä- und postoperativen Rheogramme der Abl. 5 zum Fallbeispiel 2

Abb. 30 Angiographie zum Fallbeispiel 2

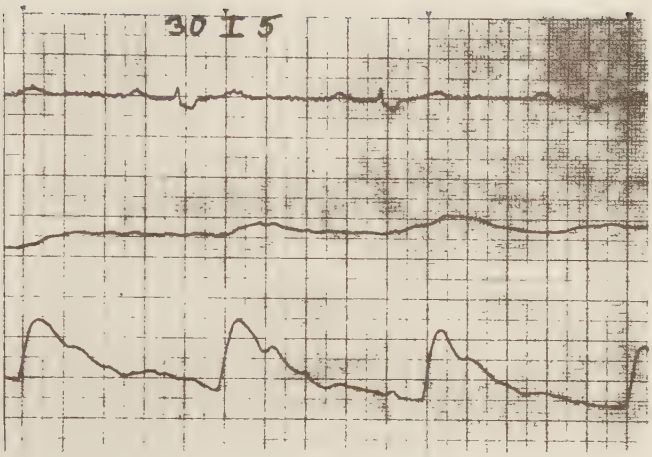

Abb. 31 Rheogramm der 5. Abl. der präoperativen Messung zum Fallbeispiel 2

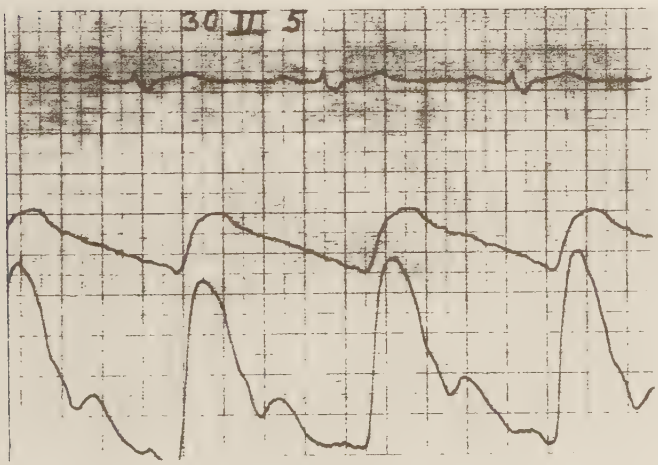

Abb. 32 Rheogramm der 5. Abl. der 1. postoperativen Messung zum Fallbeispiel 2

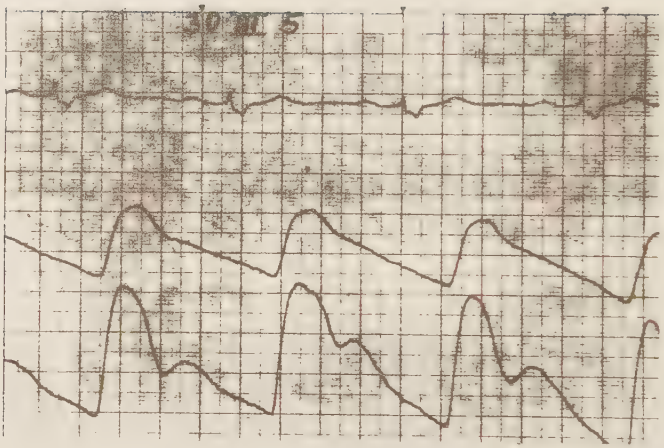

Abb. 33 Rheogramm der 5. Abl. der 2. postoperativen Messung zum Fallbeispiel 2

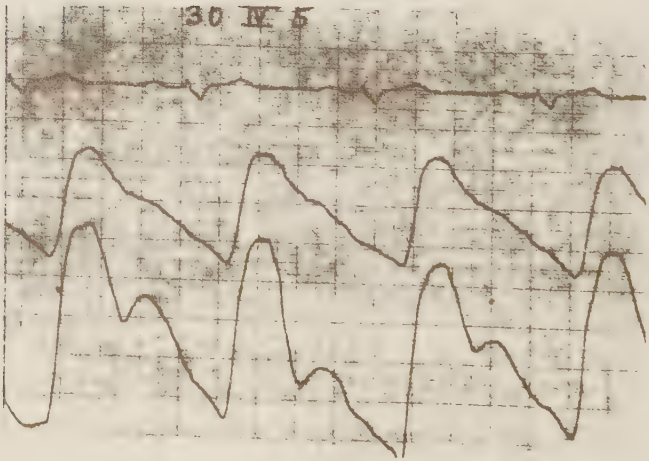

Abb. 34 Rheogramm der 5. Abl. der 3. postoperativen Messung zum Fallbeispiel 2

Die präoperativen Rheogramme des linken Unterschenkels geben Hinweise auf eine Strömungsunterbrechung im Oberschenkelbereich mit schlechter kollateraler Überbrückung. "Dieser Befund ist im Sinne einer schwersten organischen Durchblutungsstörung mit hochsitzender Strömungsunterbrechung und mangelhafter Versorgung der Peripherie zu verwerten" (KAINDL et al., 1979). Die Korrelation zum klinischen Befund ist außerordentlich hoch. Postoperativ ist auch hier im Laufe der Zeit eine deutliche Verbesserung sowohl der Meßwerte, als auch der Kurvenform zu erkennen. Die völlig normalen Durchblutungsverhältnisse der rechten Seite werden jedoch auch bei der letzten Messung nur annähernd erreicht.

Beispiel 3: M.M., 57-jähriger Mann

F.A.: Ø
E.A.: seit 25 Jahren Nikotinabusus, chronischer Alkoholabusus.
J.A.: seit 7 Monaten Abnahme der Gehstrecke bis zuletzt auf unter 100 Meter, dann Schmerzen in der rechten Wade, Sensibilitätsstörungen und Kältegefühl im rechten Fuß.
Befund: beide Füße kalt, Stenosegeräusch über der linken A. femoralis; A. dorsalis pedis, tibialis posterior rechts und tibialis posterior links nicht tastbar.
Stadium der AVK: 2 b.
Angiographie: Verschluß der A. femoralis superficialis und A. peronea rechts, Stenosen der A. iliaca externa und femoralis superficialis links bei Arteriosklerose (Abb. 35).
Operative Therapie: halbgeschlossene Ringsondendesobliteration der A. femoralis superficialis mit Erweiterungsplastik (2 Kunststoffpatches).
Verlauf: Fußpulse postoperativ rechts nicht tastbar, Gehstrecke 100 Meter.

Die prä- und postoperativen Rheogramme der Abl. 1 zeigen die Abbildungen 36 (präoperativ, I), 37 (14 Tage postoperativ, II) und 38 (9 Monate postoperativ, III).

Die Auswertung der gezeigten Rheogramme zum dritten Fallbeispiel zeigt die folgende Tabelle.

Abl. 1	prä (I)		post (II)		post (III)	
A mOhm	93	47	83	36	103	67
GZ msec	160	160	160	160	140	170
PZ msec	220	240	230	250	200	210
α °	86	82	86	76	87	83
β °	77	63	79	48	80	75
RQ	0,6	0,3	0,5	0,2	0,8	0,5

Tab. 7 Auswertung der prä- und postoperativen Rheogramme der Abl. 1 zum Fallbeispiel 3

Im Rheogramm der Abl. 1 werden Veränderungen beider Extremitäten, wie auch in der Angiographie beschrieben, deutlich sichtbar. Links deuten der verbreiterte Kurvengipfel und fehlende Nachwellen auf ein Strombahnhindernis und mangelnde Elastizität des Gefäßsystems hin. Die Rheogramme des rechten Beines zeigen bei der ersten postoperativen Kontrolle eine Verschlechterung, wahrscheinlich eine Frühthrombose. Bei der Kontrolle nach 9 Monaten wird jedoch eine Verbesserung des präoperativen Befundes deutlich, die wohl auf eine gute kollaterale Überbrückung zurückzuführen ist.

Abb. 35 Angiographie zum Fallbeispiel 3

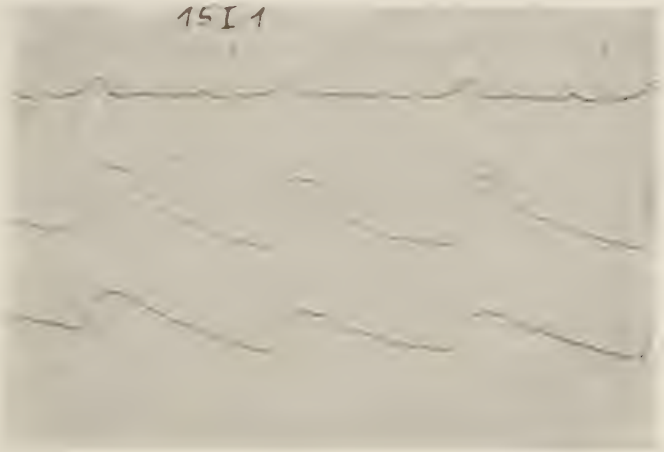

Abb. 36 Rheogramm der 1. Abl. der präoperativen Messung zum Fallbeispiel 3

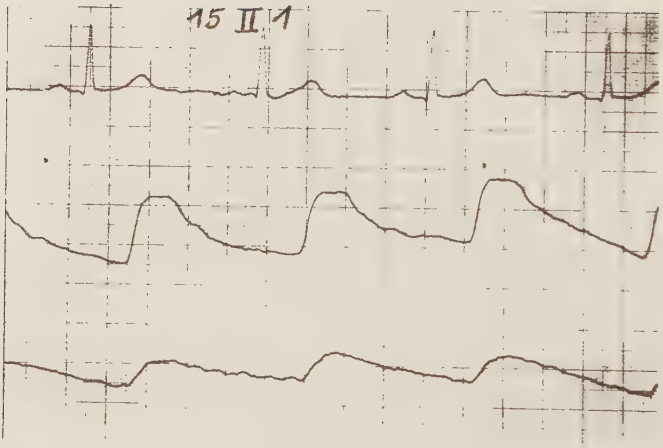

Abb. 37 Rheogramm der 1. Abl. der 1. postoperativen Messung zum Fallbeispiel 3

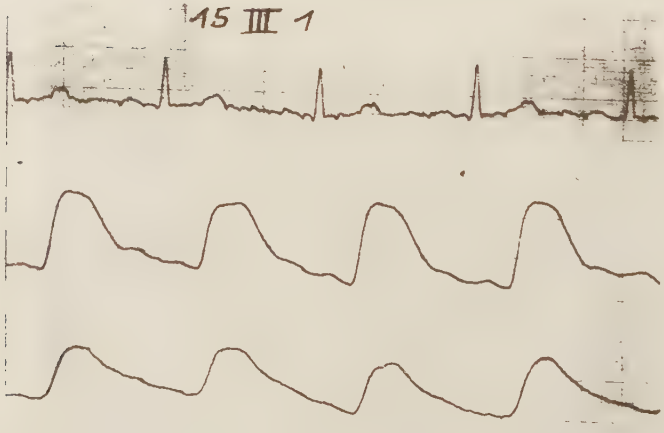

Abb. 38 Rheogramm der 1. Abl. der 2. postoperativen Messung zum Fallbeispiel 3

Beispiel 4: L.L., 75-jährige Frau

F.A.,
E.A.: wegen fortgeschrittener Cerebralsklerose nicht erhebbar.
J.A.: 5 Wochen vor der stationären Aufnahme akute starke Schmerzen im linken Bein, besonders in der Wade, Gehstrecke seitdem 50 Meter.
Befund: linker Unterschenkel und Fuß deutlich kühler, A. poplitea, dorsalis pedis und tibialis posterior links nicht tastbar.
Angiographie: Verschluß der A. femoralis superficialis links bis zum Adduktorenkanal und der linken A. poplitea einschließlich der Trifurkation (Abb. 39 und Abb. 40).
Operative Therapie: halbgeschlossene Ringsondendesobliteration und Embolektomie links; 6 Wochen später: Revision des Adduktorenkanals und Embolektomie links.
Verlauf: auch nach dem zweiten Eingriff keine Verbesserung, Fußpulse nicht tastbar, linker Fuß deutlich kühler, Gehstrecke 50 Meter.

Die prä- und postoperativen Rheogramme der Abl. 5 zeigen die Abbildungen 41 (präoperativ, I), 42 (15 Tage postoperativ, II) und 43 (3 Monate nach dem ersten Eingriff, III).

Die Auswertung der gezeigten Rheogramme zum vierten Fallbeispiel zeigt die folgende Tabelle.

Abl. 5	prä (I)		post (II)		post (III)	
A mOhm	8	28	9	33	-	15
GZ msec	190	110	200	120	-	120
PZ msec	210	190	220	160	-	170
α °	51	80	37	81	-	81
β °	22	60	21	61	-	58
RQ	0,2	0,4	0,1	0,5	-	0,4

Tab. 8 Auswertung der prä- und postoperativen Rheogramme der Abl. 5 zum Fallbeispiel 4

Das Rheogramm des rechten Unterschenkels deutet auf erhöhte Rigidität des Gefäßsystems hin, die Peripherie ist noch ausreichend versorgt (fehlende Nachwellen, mäßig abgerundeter Kurvengipfel). Linksseitig deutet der präoperative schräge Anstieg bei niedriger Amplitude auf ein ausgedehntes proximales Strombahnhindernis. Auch der zweite operative Eingriff bringt keine Verbesserung der Durchblutung. Das letzte postoperative Rheogramm zeigt sogar eine Verschlechterung mit einem nicht mehr auswertbaren sogenannten "Nulllinienrheogramm" mit akuter Gefährdung der Peripherie.

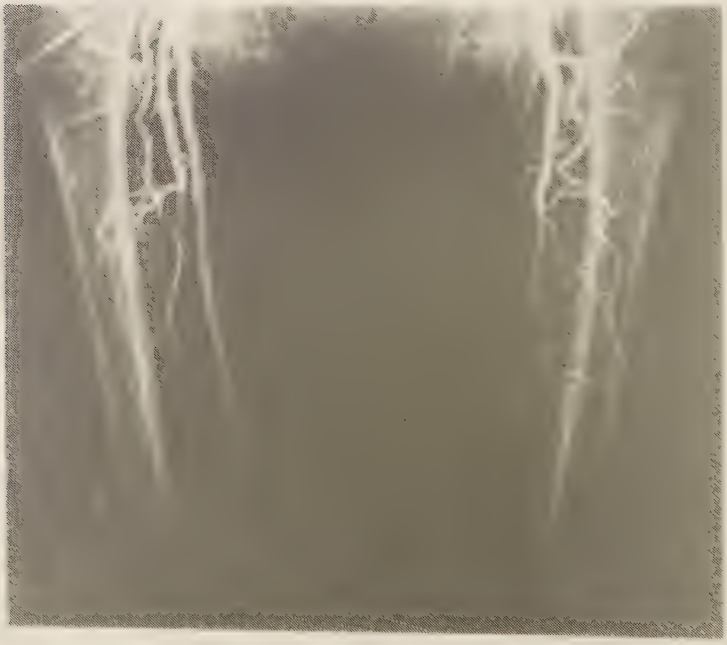

Abb. 39 Angiographie der Oberschenkelregion zum Fallbeispiel 4

Abb. 40 Angiographie der Knieregion zum Fallbeispiel 4

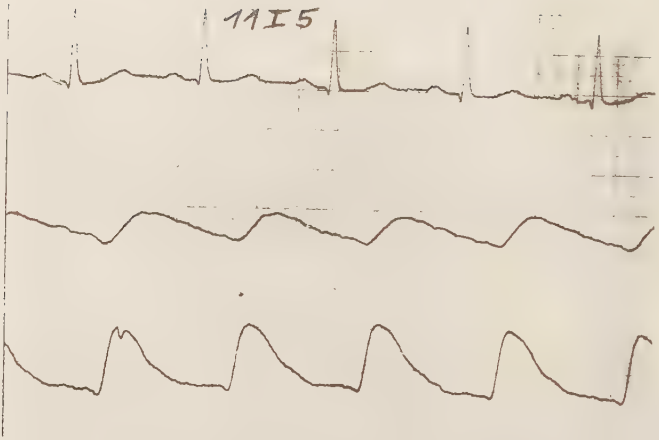

Abb. 41 Rheogramm der 5. Abl. der präoperativen Messung zum Fallbeispiel 4

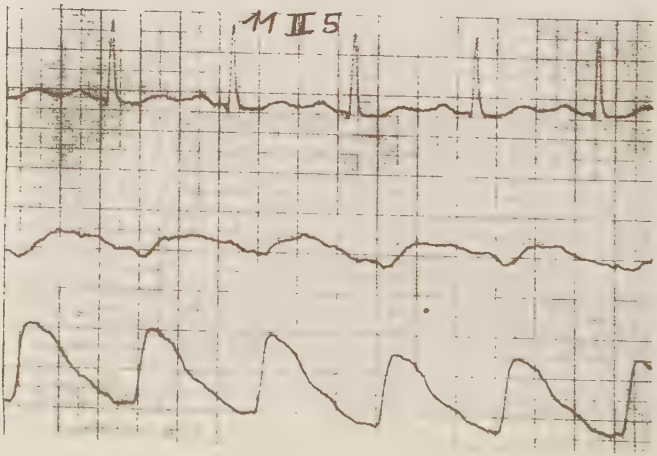

Abb. 42 Rheogramm der 5. Abl. der 1. postoperativen Messung zum Fallbeispiel 4

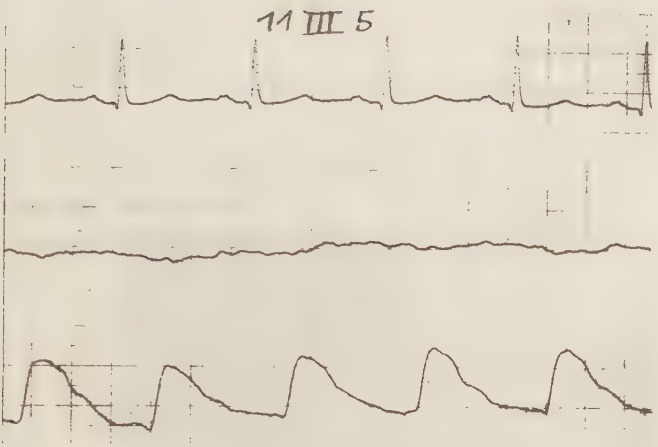

Abb. 43 Rheogramm der 5. Abl. der 2. postoperativen Messung zum Fallbeispiel 4

Beispiel 5: P.K., 78-jähriger Mann

F.A.: Mutter Diabetes mellitus.
E.A.: seit 8 Jahren Diabetes mellitus und Hypertonie, vor einem Jahr Oberschenkelamputation links, seit 10 Jahren Nichtraucher.
Befund: rechter Fuß weiß und kühl, beginnende Zehenkuppennekrosen der 2. bis 4. Zehen, A. poplitea, dorsalis pedis und tibialis posterior nicht tastbar, Stenosegeräusch über der A. femoralis beidseits.
Angiographie: kurzstreckige Stenose der A. poplitea rechts, Stenose der A. iliaca communis links (siehe Abb. 44).
Operative Therapie: Ringsondendesobliteration der A. femoralis superficialis rechts mit Erweiterungsplastik (Kunststoffpatch); 6 Wochen später: Oberschenkelamputation rechts.
Postoperative Angiographie: Verschluß der A. femoralis superficialis, poplitea, tibialis anterior und tibialis posterior rechts (siehe Abb. 45).

Verlauf: nach der Gefäßrekonstruktion weitere Verschlechterung mit Zunahme der Ruheschmerzen und Ausdehnung der Nekrosen, daher Entschluß zu Oberschenkelamputation.

Die prä- und postoperativen Rheogramme der Ableitungen 1 und 4 zeigen die Abbildungen 46 und 47 (präoperativ, I) und 48 und 49 (14 Tage postoperativ II).

Abb. 44 Präoperative Angiographie zum Fallbeispiel 5

Die Auswertung der gezeigten Rheogramme zum fünften Fallbeispiel zeigt die folgende Tabelle, (in der ersten Zeile die Werte der Abl. 1, in der zweiten Zeite die Werte der Abl. 4).

Abl.	1	4	1	4
	prä (I)		post (II)	
A mOhm	52	17	26	9
GZ msec	190	200	180	160
PZ msec	190	170	200	210
α °	82	74	72	52
β °	65	43	36	18
RQ	0,4	0,7	0,2	0,4

Tab. 9 Auswertung der prä- und postoperativen Rheogramme der Ableitungen 1 und 4 zum Fallbeispiel 5

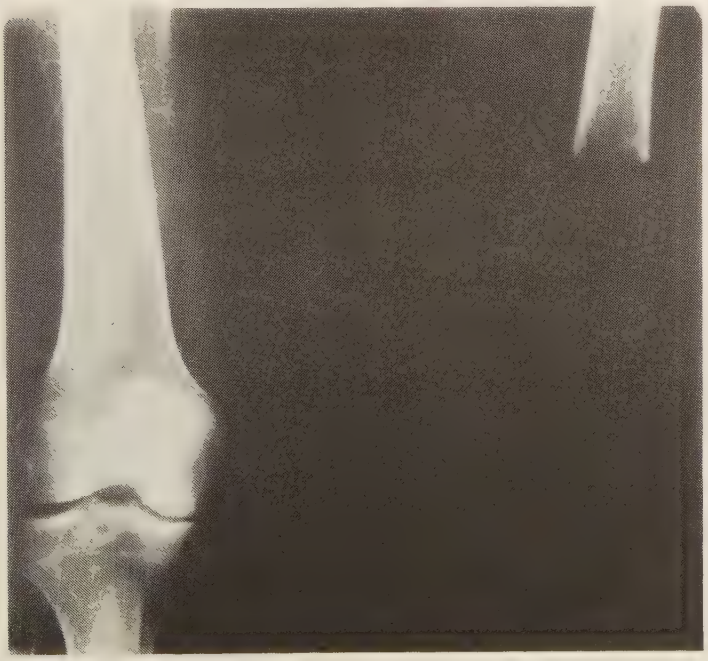

Abb. 45 Postoperative Angiographie zum Fallbeispiel 5

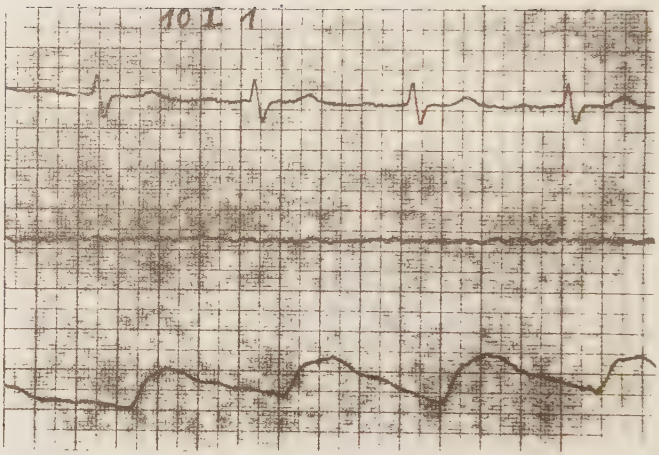

Abb. 46 Rheogramm der 1. Abl. der präoperativen Messung zum Fallbeispiel 5

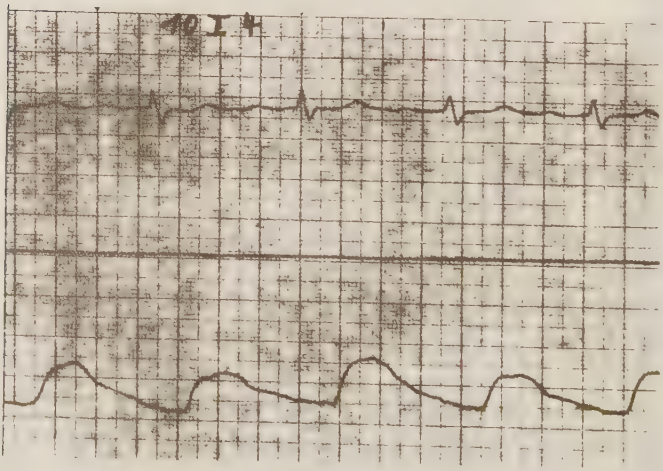

Abb. 47 Rheogramm der 4. Abl. der präoperativen Messung zum Fallbeispiel 5

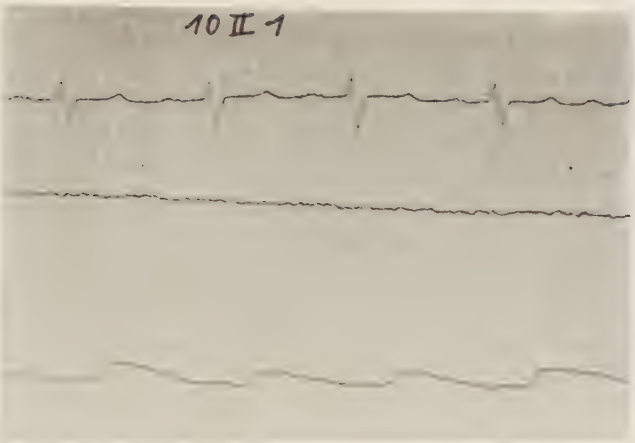

Abb. 48 Rheogramm der 1. Abl. der postoperativen Messung zum Fallbeispiel 5

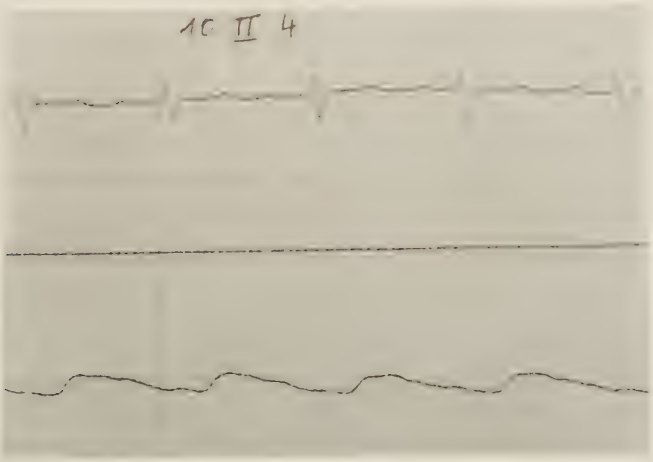

Abb. 49 Rheogramm der 4. Abl. der postoperativen Messung zum Fallbeispiel 5

Die präoperativen Rheogramme geben Hinweise auf ein hochsitzendes Strombahnhindernis mit schlechter Versorgung der Peripherie. Sie vermitteln deutlich schlechtere Durchblutungsverhältnisse als das präoperative Angiogramm. Postoperativ wurde die ausgedehnte Thrombosierung zunächst rheographisch dargestellt und konnte dann auch angiographisch bewiesen werden. Die postoperative Angiographie sollte eine sichere Entscheidung für den folgenschweren Eingriff der Oberschenkelamputation bei einem alten Patienten ermöglichen, der ja bereits auf der Gegenseite oberschenkelamputiert war.

3.1.4.2 Patienten mit Eingriffen ausschließlich in der Beckenregion

Beispiel 6: H.E., 68-jähriger Mann

F.A.: Ø
E.A.: seit 44 Jahren Nikotinabusus, seit einigen Jahren Hypercholesterinämie.
J.A.: seit einem Jahr Abnahme der Gehstrecke bis zuletzt auf 100 Meter, dann Schmerzen in der rechten Wade, im Kniebereich bis in den Oberschenkel ziehend, Kältegefühl im rechten Fuß.
Befund: rechter Fuß bläulich-rot und deutlich kälter, Stenosegeräusch über der linken A. femoralis, rechte A. femoralis schwach, A. poplitea, tibialis posterior und dorsalis pedis nicht tastbar, links alle Pulse tastbar, A. poplitea und dorsalis pedis jedoch nur schwach.
Stadium der AVK: 2 b.
Angiographie (translumbal): Verschluß der rechten A. iliaca communis und iliaca externa, Stenosen im Bereich der linken A. iliaca communis und iliaca externa (siehe Abb. 50).
Operative Therapie: Cross-over-Bypass von der linken zur rechten A. femoralis (Dacron).

Verlauf: direkt postoperativ zunächst Verschlechterung der Durchblutung auf der l i n k e n Seite, Stenosegeräusch über dem Abdomen, beiden Leisten und dem rechten Oberschenkel; A. femoralis, poplitea und dorsalis pedis rechts postoperativ wieder tastbar, unbeschränkte Gehstrecke.

Die prä- und postoperativen Rheogramme der Ableitungen 1 und 5 zeigen die Abbildungen 51 und 52 (präoperativ, I), 53 und 54 (8 Tage postoperativ, II) und 55 und 56 (3,5 Monate postoperativ, III).

Die Auswertung der gezeigten Rheogramme zum Fallbeispiel 6 zeigen die folgenden Tabellen, Tab. 10 Werte der Abl. 1, Tab. 11 Werte der Abl. 5.

Abl. 1	prä (I)		post (II)		post (III)	
A mOhm	93	52	52	67	93	103
GZ msec	170	250	200	190	160	190
PZ msec	180	240	190	190	180	200
α °	86	73	83	84	86	86
β °	76	48	58	66	77	78
RQ	0,6	0,3	0,4	0,5	0,7	0,8

Tab. 10 Auswertung der prä- und postoperativen Rheogramme der Abl. 1 zum Fallbeispiel 6

Abl. 5	prä (I)		post (II)		post (III)	
A mOhm	45	21	26	29	33	33
GZ msec	150	250	160	200	150	140
PZ msec	200	250	210	220	200	220
α °	83	56	77	76	85	84
β °	56	25	40	46	67	71
RQ	0,5	0,2	0,3	0,3	0,7	0,7

Tab. 11 Auswertung der prä- und postoperativen Rheogramme der Abl. 5 zum Fallbeispiel 6

Abb. 50 Angiographie zum Fallbeispiel 6

Die präoperativen Rheogramme zeigen rechts ausgeprägte pathologische Zeichen. Besonders die kreissegmentartigen Kurven der Abl. 5 geben Hinweise auf ein Strombahnhindernis im Beckenbereich; die Rheogramme des linken Unterschenkels liegen beinahe im Normbereich. Bei der ersten postoperativen Kontrolle erscheinen die Durchblutungsverhältnisse beider Beine fast vertauscht zu sein. In Übereinstimmung mit den klinischen Befunden deckt die Rheographie einen Steal-Effekt der rechten zuungunsten der linken Seite auf, der jedoch zum späteren Zeitpunkt nicht mehr nachweisbar ist. Bei der letzten Kontrolle haben sich die Durchblutungsverhältnisse auf beiden Seiten normalisiert. Nur fehlende Nachwellen und der abgerundete Kurvengipfel geben Hinweise auf eine deutlich erhöhte Starre der Gefäßwände.

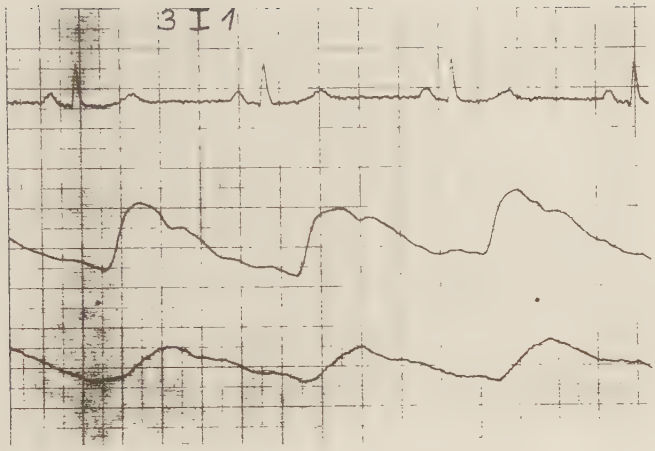

Abb. 51 Rheogramm der 1. Abl. der präoperativen Messung zum Fallbeispiel 6

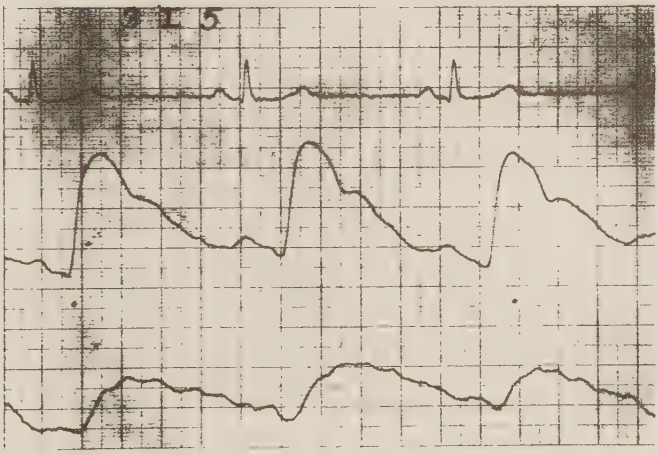

Abb. 52 Rheogramm der 5. Abl. der präoperativen Messung zum Fallbeispiel 6

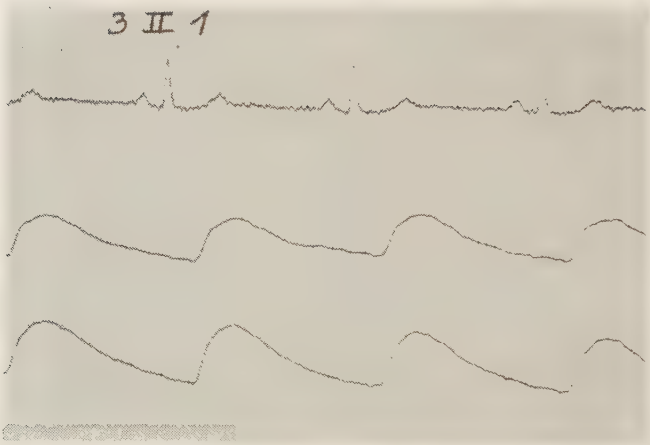

Abb. 53 Rheogramm der 1. Abl. der 1. postoperativen Messung zum Fallbeispiel 6

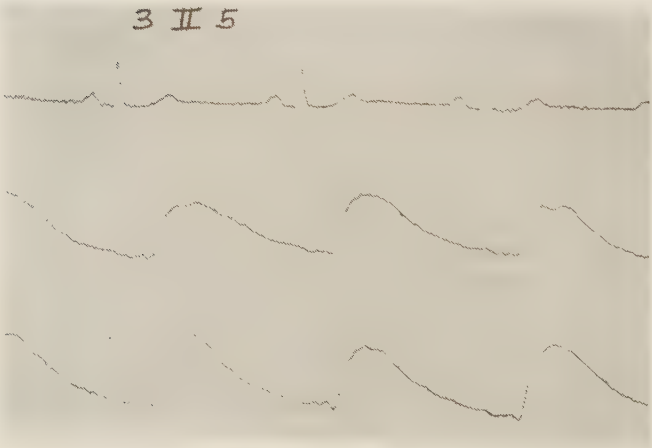

Abb. 54 Rheogramm der 5. Abl. der 1. postoperativen Messung zum Fallbeispiel 6

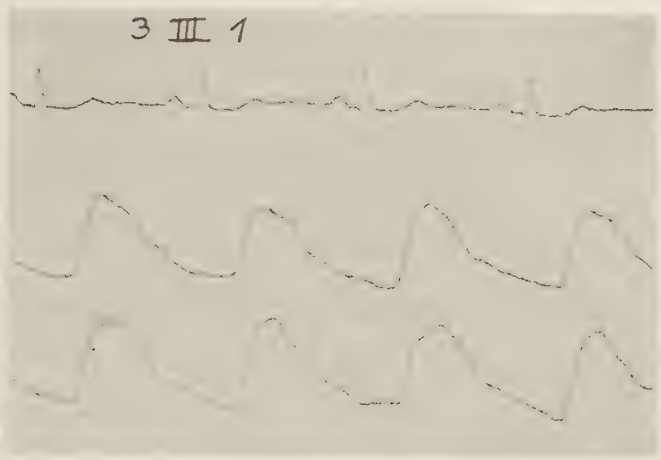

Abb. 55 Rheogramm der 1. Abl. der 2. postoperativen Messung zum Fallbeispiel 6

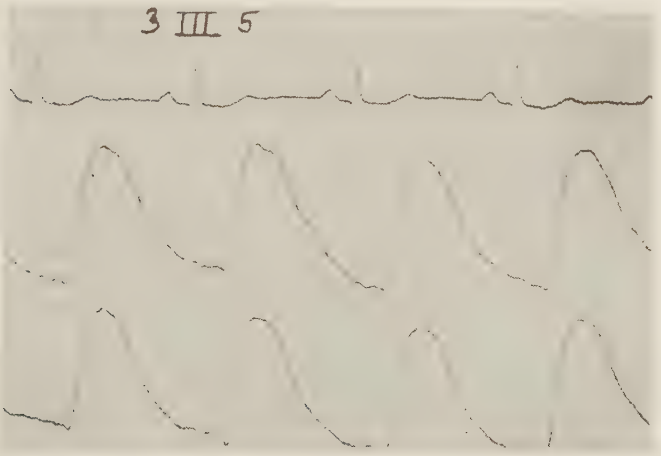

Abb. 56 Rheogramm der 5. Abl. der 2. postoperativen Messung zum Fallbeispiel 6

Beispiel 7: G.G. 52-jähriger Mann

F.A.: Ø
E.A.: seit 35 Jahren Nikotinabusus, seit 8 Jahren Angina pectoris.
J.A.: seit 7 Monaten Abnahme der Gehstrecke bis zuletzt auf 200 Meter, dann Schmerzen in der rechten Wade bis in den Oberschenkel ausstrahlend, Kältegefühl im rechten Fuß.
Befund: A. femoralis rechts abgeschwächt, A. poplitea, dorsalis pedis und tibialis posterior nicht tastbar.
Stadium der AVK: 2 b.
Angiographie: Stenose der A. iliaca externa rechts, geringfügige Stenose der A. iliaca communis und iliaca externa links (siehe Abb. 57).
Operative Therapie: halbgeschlossene Desobliteration, Ileo-femoraler-Dacronbypass rechts; ein Tag später: Thrombektomie des Ileo-femoralen-Bypasses nach einer Frühthrombose.
Postoperative Angiographie: rechts Zustand nach Implantation einer Gefäßprothese, die vom ca. 1 cm langen A. iliaca-externa-Stumpf bis zum profunda-Abgang der A. femoralis führt (siehe Abb. 58).
Verlauf: direkt postoperativ durch eine Frühthrombose Verschlechterung; nach dem zweiten operativen Eingriff A. poplitea, dorsalis pedis und tibialis posterior rechts wieder schwach tastbar, unbeschränkte Gehstrecke.

Die prä- und postoperativen Rheogramme der Ableitungen 2 und 5 zeigen die Abbildungen 59 und 60 (präoperativ, I), 61 und 62 (19 Tage postoperativ, II) und 63 und 64 (5 Monate postoperativ, III).

Die Auswertung der gezeigten Rheogramme zum Fallbeispiel 7 zeigen die folgenden Tabellen: Tab. 12 Werte der Abl. 2, Tab. 13 Werte der Abl. 5.

Abl. 2	prä (I)		post (II)		post (III)	
A mOhm	48	29	40	41	67	72
GZ msec	160	190	120	120	130	120
Pz msec	230	250	240	220	220	220
α °	82	74	81	81	84	85
β °	62	54	60	62	72	73
RQ	0,8	0,5	0,9	0,8	1,1	1,1

Tab. 12 Auswertung der prä- und postoperativen Rheogramme der Abl. 2 zum Fallbeispiel 7

Abl. 5	prä (I)		post (II)		post (III)	
A mOhm	53	40	62	57	71	95
GZ msec	140	160	100	100	120	110
PZ msec	250	270	260	260	240	240
α °	83	79	84	84	86	86
β °	71	56	76	76	76	80
RQ	0,6	0,4	0,9	0,8	0,9	1,1

Tab. 13 Auswertung der prä- und postoperativen Rheogramme der Abl. 5 zum Fallbeispiel 7

Bei den präoperativen Rheogrammen des rechten Beines zeigt vor allen Dingen die Abl. 2 die Stömungsbehinderung im Beckenbereich. Die kreissegmentartigen Kurven mit verminderter Amplitude, verbreitertem Kurvengipfel und fehlenden Nachwellen sind bei der Abl. 5 aufgrund der großen Entfernung vom Strombahnhindernis und einer guten Blutversorgung des Unterschenkels nicht mehr deutlich. Die postoperativen Rheogramme zeigen beidseits normale Verhältnisse, die deutliche Ausprägung der Nachwellen der Abl. 5 zeigt, daß das arterielle System des noch nicht sehr alten Mannes über gute Elastizitätskräfte verfügt.

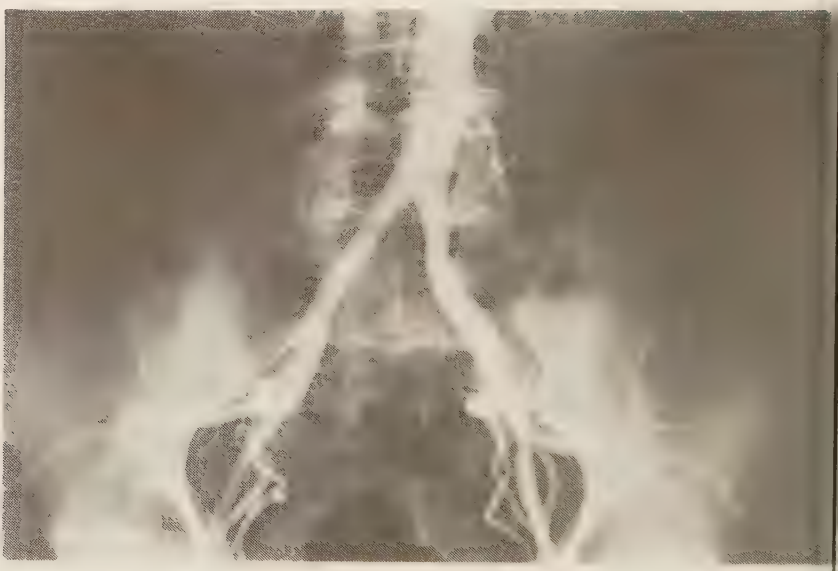

Abb. 57 Präoperative Angiographie zum Fallbeispiel 7

Abb. 58 Postoperative Angiographie zum Fallbeispiel 7

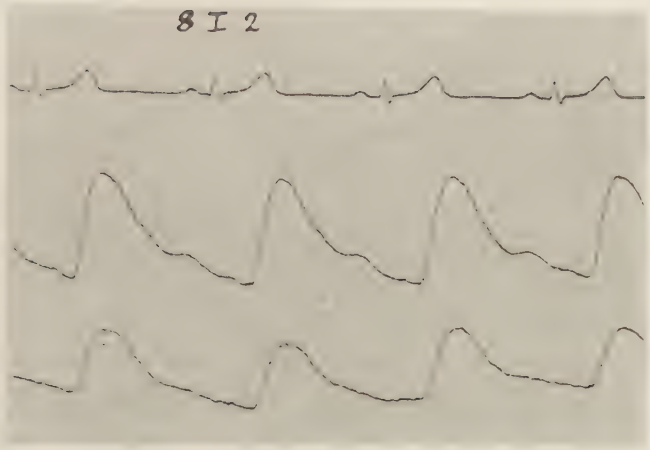

Abb. 59 Rheogramm der 2. Abl. der präoperativen Messung zum Fallbeispiel 7

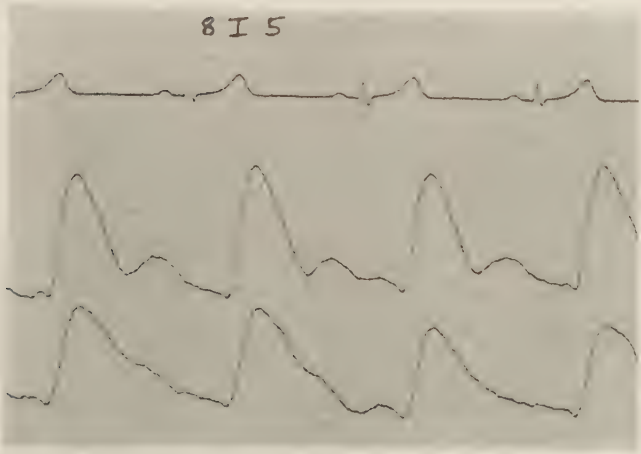

Abb. 60 Rheogramm der 5. Abl. der präoperativen Messung zum Fallbeispiel 7

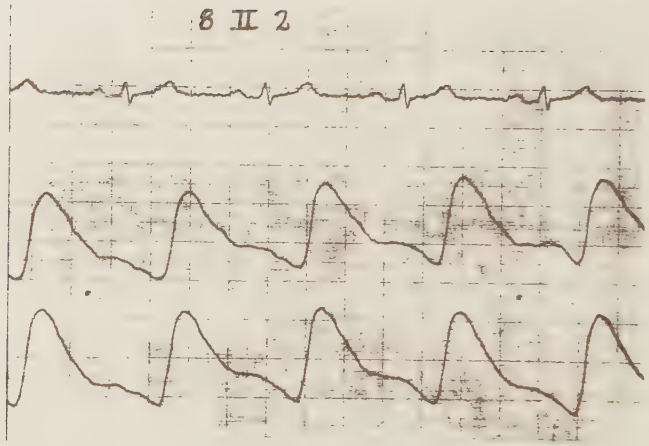

Abb. 61 Rheogramm der 2. Abl. der 1. postoperativen Messung zum Fallbeispiel 7

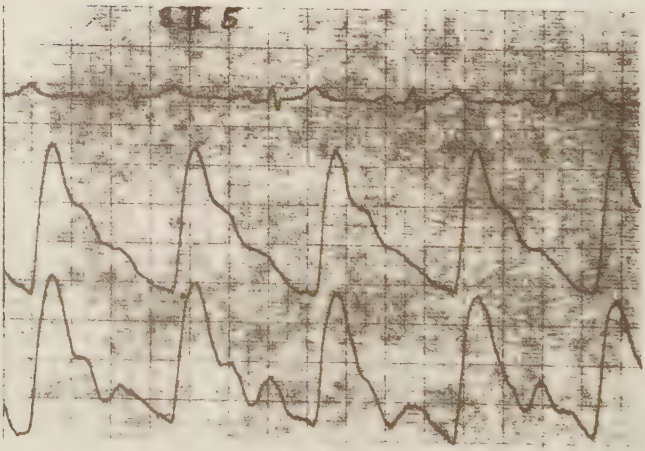

Abb. 62 Rheogramm der 5. Abl. der 1. postoperativen Messung zum Fallbeispiel 7

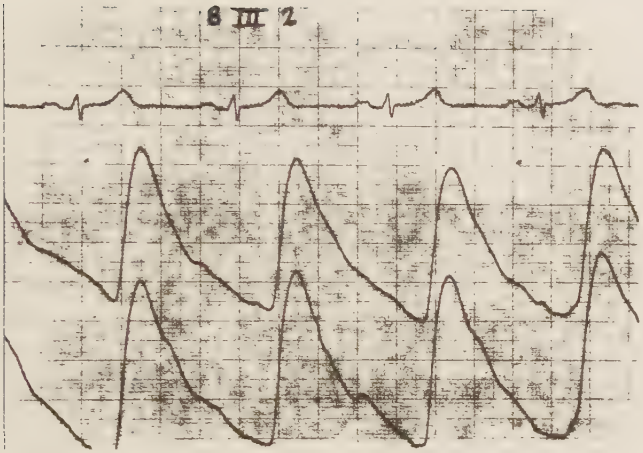

Abb. 63 Rheogramm der 2. Abl. der 2. postoperativen Messung zum Fallbeispiel 7

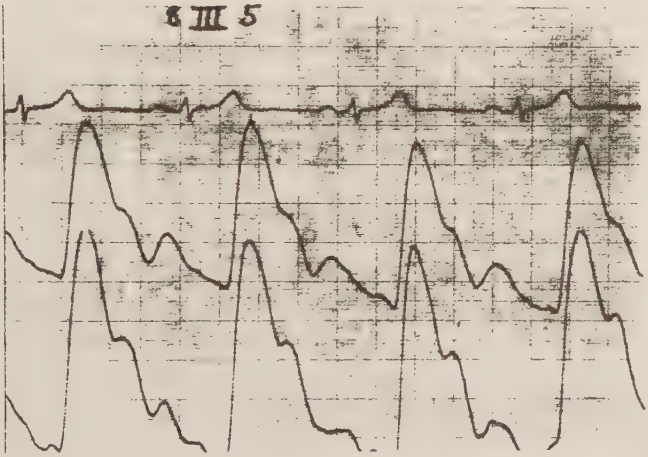

Abb. 64 Rheogramm der 5. Abl. der 2. postoperativen Messung zum Fallbeispiel 7

Beispiel 8: H.R., 57-jähriger Mann

F.A.: Vater Apoplexie, Mutter Diabetes mellitus.
E.A.: seit 10 Jahren Diabetes mellitus, seit 8 Jahren Fettstoffwechselstörung, seit 6 Jahren Hypertonie, seit 5 Jahren Angina pectoris, vor 6 Jahren Ulcus am linken Innenknöchel, seit 6 Jahren Nichtraucher.
J.A.: vor einem Jahr 300 Meter Gehstrecke, jetzt unter 50 Meter, dann Schmerzen zuerst im rechten Oberschenkel, danach in beiden Waden, nächtliche Ruheschmerzen in beiden Füßen.
Befund: an beiden Füßen multiple oberflächliche Nekrosen, an den unteren Extremitäten nur A. femoralis beiderseits tastbar, Stenosegeräusch über der linken A. femoralis.
Stadium der AVK: 4.
Angiographie: links Verschluß der A. femoralis superficialis vom Abgang der A. profunda, einschließlich der A. poplitea bis zur Trifurkation, Teilverschluß der A. tibialis posterior, Stenosen der A. iliaca externa und im Bereich der Äste der A. profunda femoris; rechts Verschluß der A. femoralis superficialis vom Abgang der A. profunda bis zum Adduktorenkanal, der A. fibularis und tibialis anterior, Stenosen der A. iliaca externa und im Bereich der Äste der A. profunda femoris (siehe Abb. 65 und 66).
Operative Therapie: offene Desobliteration der Femoralisgabel und A. Profundaplastik mit Dacronpatch rechts, nach 12 Wochen Oberschenkelamputation rechts.
Verlauf: nach anfänglicher leichter Besserung und Rückkehr des A. Popliteapulses rechts, Ausdehnung der Ulcera und Infektion, Verstärkung der Ruheschmerzen besonders im rechten Fuß; auch unter Berücksichtigung der diabetischen Mikroangiopathie nach 12 Wochen konservativer Therapie Entschluß zur Oberschenkelamputation rechts, 4 Tage postoperativ Exitus nach Lungenembolie.

Die prä- und postoperativen Rheogramme der Abl. 3 zeigen die Abbildungen 67 (präoperativ, I) und 68 (14 Tage postoperativ, II).

Die Auswertung der gezeigten Rheogramme zum Fallbeispiel 8 zeigt die folgende Tabelle.

Abl. 3	prä (I)		post (II)	
A mOhm	7	3	9	7
GZ msec	160	180	220	280
PZ msec	190	180	210	200
α °	34	42	39	35
β °	16	26	14	22
RQ	0,3	0,2	0,3	0,2

Tab. 14 Auswertung der prä- und postoperativen Rheogramme der Abl. 3 zum Fallbeispiel 8

Abb. 65 Angiographie der Oberschenkelregion zum Fallbeispiel 8

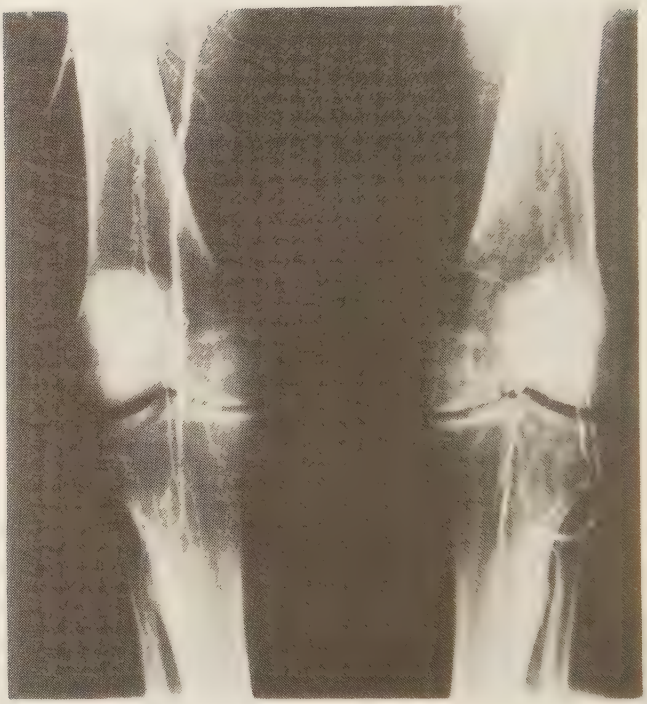

Abb. 66 Angiographie der Knieregion zum Fallbeispiel 8

Die Fehlerquote der rechnerischen Auswertung ist hoch, da nur noch andeutungsweise Pulswellen vorhanden sind. Die wirklichen Verhältnisse sind wohl eher noch schlechter. Die proximalste Ableitung wurde zur Demonstration gewählt, da schon im Oberschenkelbereich eine nicht ausreichende Blutversorgung beider Beine deutlich wird. Die Versorgung der peripher gelegenen Abschnitte ist demzufolge noch schlechter. Auch die Gefäßoperation brachte keine ausreichende Verbesserung, wie bei den ausgeprägten multiplen Verschlüssen und Stenosen im gesamten Gefäßsystem zu erwarten war, und muß als Erhaltungsversuch der Gliedmaße für einen gewissen Zeitraum gewertet werden.

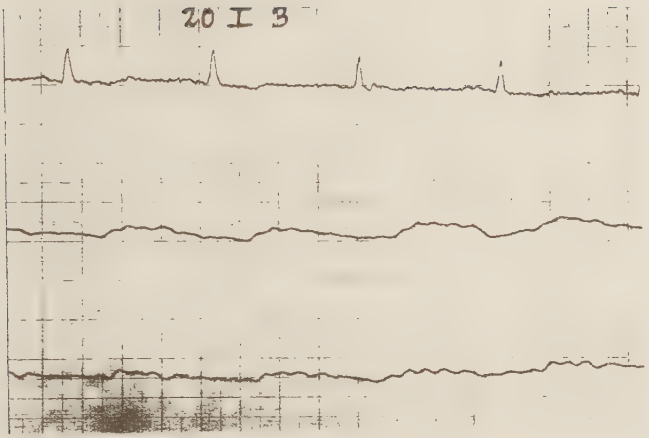

Abb. 67 Rheogramm der 3. Abl. der präoperativen Messung zum Fallbeispiel 8

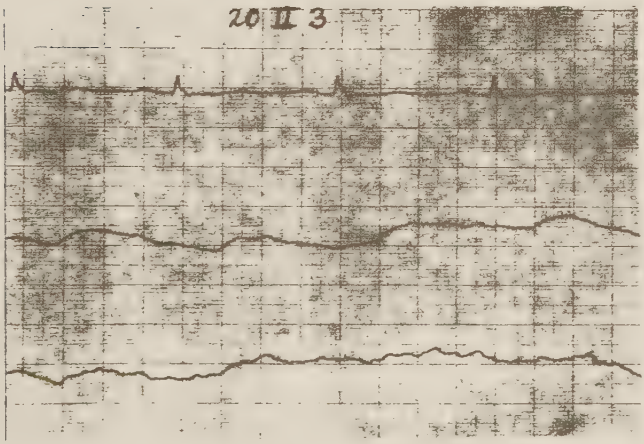

Abb. 68 Rheogramm der 3. Abl. der postoperativen Messung zum Fallbeispiel 8

3.1.4.3 Patienten mit Mehretageneingriffen

Beispiel 9: K.M., 58-jähriger Mann

F.A.: Mutter Diabetes mellitus.
E.A.: seit 43 Jahren Nikotinabusus, seit 2 Jahren Diabetes mellitus.
J.A.: seit 6 Monaten Abnahme der Gehstrecke bis zuletzt auf 100 Meter, dann Schmerzen in der linken Wade.
Befund: linker Fuß deutlich kühler und dunkelrot, je fünfmarkstückgroßes Ulcus am linken und rechten Fuß, A. poplitea, dorsalis pedis und tibialis posterior links nicht tastbar, A. poplitea und tibialis posterior rechts nicht tastbar.
Stadium der AVK: 4.
Angiographie: links Verschluß der A. femoralis superficialis im Adduktorenkanal und Stenose der A. iliaca communis, rechts Verschluß der A. tibialis posterior, Stenosen der A. iliaca communis, iliaca externa und femoralis (siehe Abbildungen 69, 70 und 71).
Operative Therapie: offene Desobliteration der A. iliaca communis links und Defektüberbrückung mit einer Dacronprothese; 6 Wochen später: halbgeschlossene Ringsondendesobliteration der A. femoralis superficialis mit Interposition einer Dacronprothese.
Verlauf: wegen einer Wundheilungsstörung zunächst Aufschub des zweiten geplanten Eingriffs, danach Rückkehr der Fußpulse, jedoch Stenosegeräusch über der A. femoralis links, Abheilung der Ulcera, unbeschränkte Gehstrecke.

Die prä- und postoperativen Rheogramme der Ableitungen 3 und 5 zeigen die Abbildungen 72 und 73 (präoperativ, I), 74 und 75 (17 Tage postoperativ, II) 76 und 77 (14 Tage nach dem zweiten operativen Eingriff, III) und 78 und 79 (5 Monate nach dem ersten operativen Eingriff, IV).

Die Auswertung der gezeigten Rheogramme zum Fallbeispiel 9 zeigen die folgenden Tabellen, Tab. 15 Werte der Abl. 3, Tab. 16 Werte der Abl. 5.

Abl. 3		prä	(I)	post	(II)	post	(III)	post	(IV)
A	mOhm	3	16	9	19	14	21	14	16
GZ	msec	100	130	180	150	190	150	180	160
PZ	msec	210	200	200	210	200	220	190	200
α	°	39	84	52	82	67	72	64	67
β	°	18	75	25	67	29	38	29	33
RQ		0,3	1,1	0,4	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9

Tab. 15 Auswertung der prä- und postoperativen Rheogramme der Abl. 3 zum Fallbeispiel 9

Abl. 5		prä	(I)	post	(II)	post	(III)	post	(IV)
A	mOhm	10	47	12	55	40	53	48	62
GZ	msec	150	130	200	160	160	130	170	130
PZ	msec	280	220	280	240	260	260	220	230
α	°	46	82	43	83	82	84	84	85
β	°	16	76	17	72	66	73	71	76
RQ		0,2	0,8	0,2	0,8	0,5	0,7	0,7	0,9

Tab. 16 Auswertung der prä- und postoperativen Rheogramme der Abl. 5 zum Fallbeispiel 9

Die präoperativen Rheogramme zeigen im Oberschenkelbereich praktisch keine Pulswellen mehr, auch der Unterschenkel wird nur sehr schlecht über Kollateralen aufgefüllt. Die erste postoperative Kontrolle ergibt eine deutliche Verbesserung in der Amplitudenhöhe; die Kurvenform jedoch weist auf ein weiterhin bestehendes proximales Strombahnhindernis hin. Der zweite chirurgische Eingriff bringt im Oberschenkelbereich normale Verhältnisse. Fehlende Nachwellen, besonders deutlich bei der letzten rheographischen Untersuchung des Unterschenkels ersichtlich, deuten jedoch auf eine ausgeprägte Rigidität der Arterien des linken Beines. Auch rechts kann eine gering ausgeprägte Starre der Gefäßwände angenommen werden, da die Nachwellen zwar vorhanden, aber ausgeebnet sind.

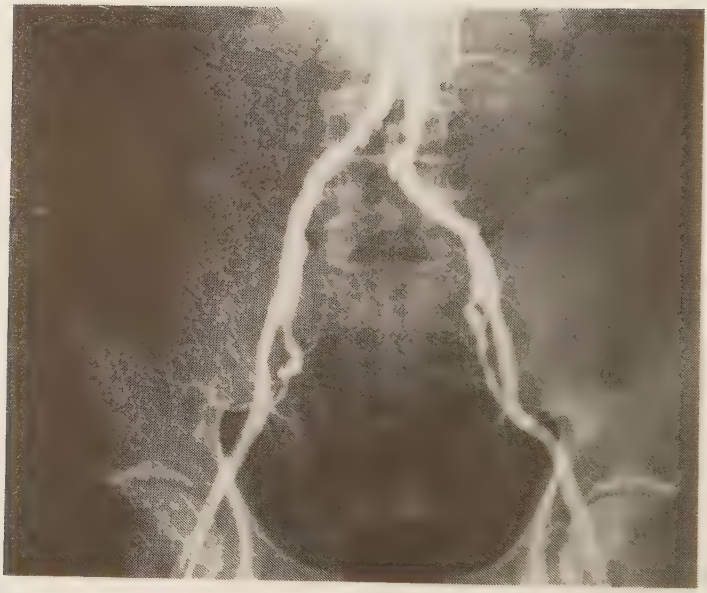

Abb. 69 Angiographie der Beckenregion zum Fallbeispiel 9

Abb. 70 Angiographie der Oberschenkelregion zum Fallbeispiel 9

Abb. 71 Angiographie der Knieregion zum Fallbeispiel 9

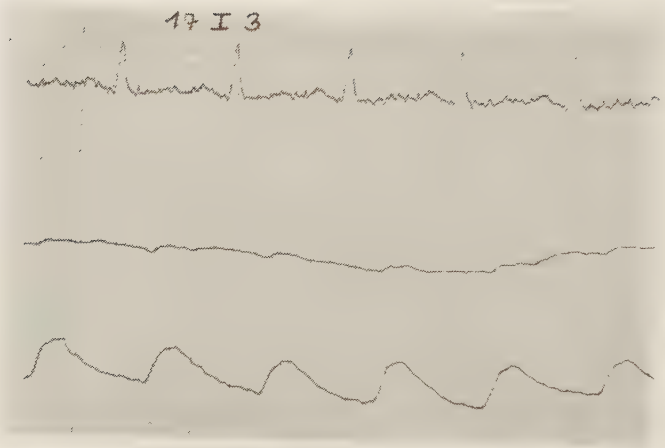

Abb. 72 Rheogramm der 3. Abl. der präoperativen Messung zum Fallbeispiel 9

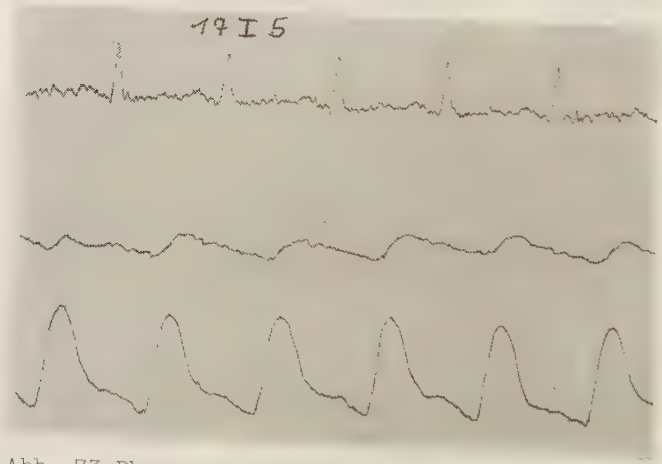

Abb. 73 Rheogramm der 5. Abl. der präoperativen Messung zum Fallbeispiel 9

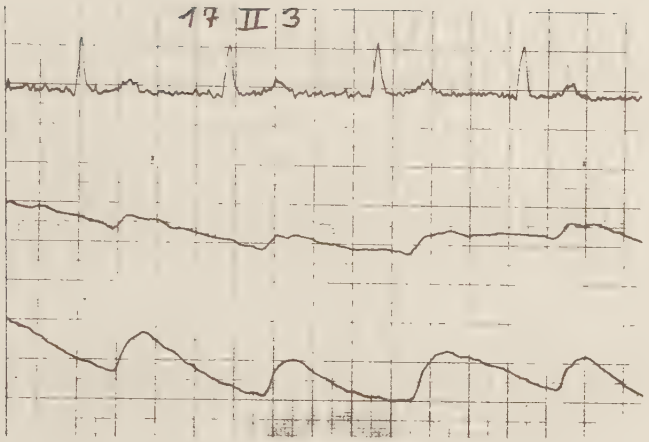

Abb. 74 Rheogramm der 3. Abl. der 1. postoperativen Messung zum Fallbeispiel 9

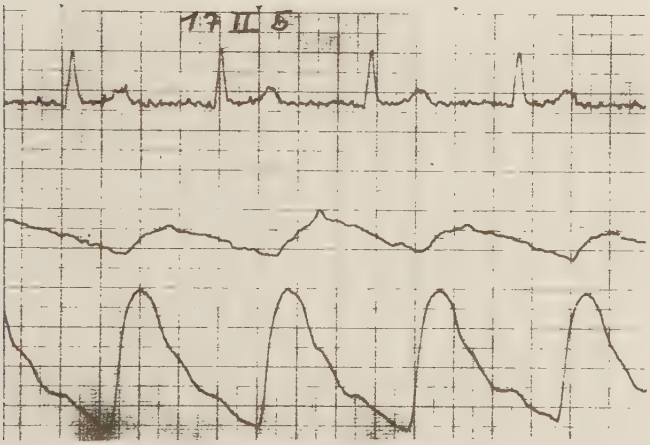

Abb. 75 Rheogramm der 5. Abl. der 1. postoperativen Messung zum Fallbeispiel 9

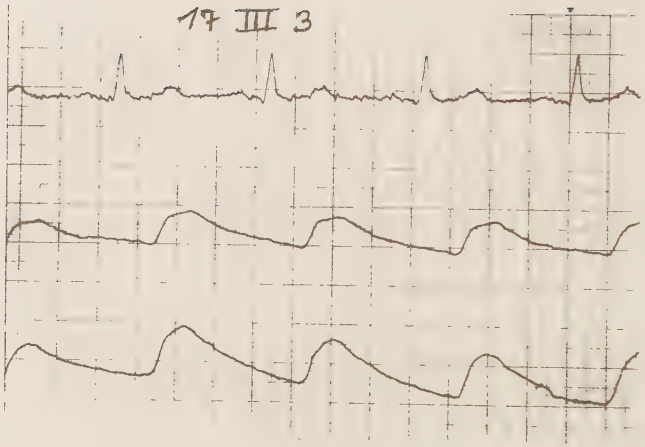

Abb. 76 Rheogramm der 3. Abl. der 2. postoperativen Messung zum Fallbeispiel 9

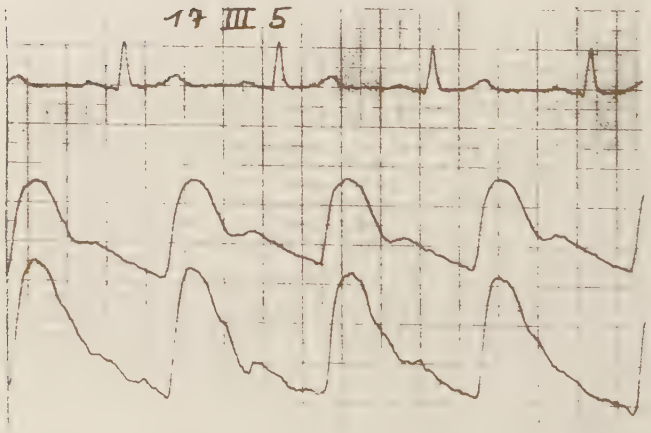

Abb. 77 Rheogramm der 5. Abl. der 2. postoperativen Messung zum Fallbeispiel 9

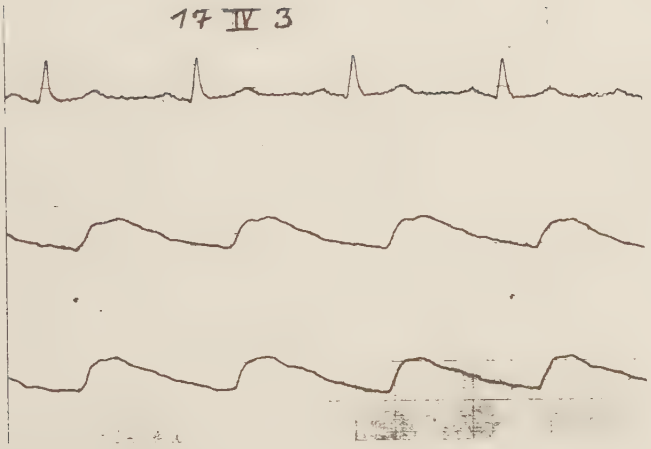

Abb. 78 Rheogramm der 3. Abl. der 3. postoperativen Messung zum Fallbeispiel 9

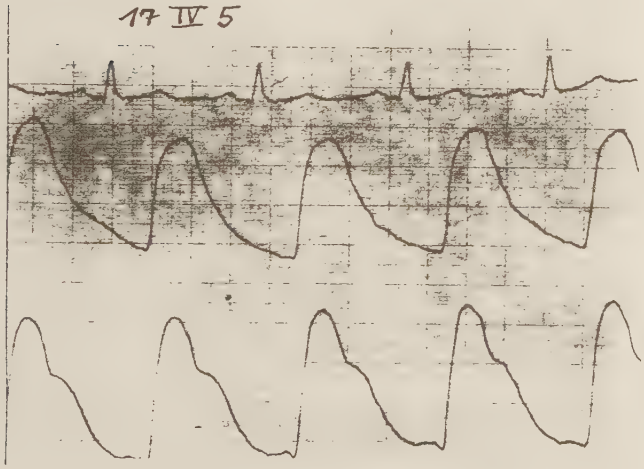

Abb. 79 Rheogramm der 5. Abl. der 3. postoperativen Messung zum Fallbeispiel 9

Beipiel 10: W.M., 65-jähriger Mann

F.A.: Ø
E.A.: seit 48 Jahren Nikotinabusus, seit Jahren Herzrhythmusstörungen, vor 9 Jahren Desobliteration der A. iliaca communis links, vor 8 Jahren Desobliteration der A. iliaca rechts, vor einem Jahr Desobliteration der A. iliaca links.
J.A.: seit 9 Monaten abnehmende Gehstrecke bis zuletzt auf 100 Meter, dann Schmerzen im linken Unterschenkel; seit 6 Monaten jetzt fünfmarkstückgroßes Ulcus über dem linken Innenknöchel; an der linken unteren Extremität keine Pulse tastbar.
Stadium der AVK: 4.
Angiographie: links Verschluß der A. iliaca externa, der A. femoralis superficialis und der proximalen profunda femoris (siehe Abb. 80 und 81).
Operative Therapie: Aorto-poplitealer-Dacronbypass links.
Postoperative Angiographie (translumbal): Zustand nach Implantation einer Gefäßprothese, die von der Aortenbifurkation bis zur A. femoralis superficialis führt (siehe Abbildungen 82, 83,und 84).
Verlauf: Rückkehr der Fußpulse, jedoch Stenosegeräusche über beiden Aa. femoralis, Abheilung des Ulcus, unbeschränkte Gehstrecke.

Die prä- und postoperativen Rheogramme der Ableitungen 3 und 6 zeigen die Abbildungen 85 und 86 (präoperativ, I) und 87 und 88 (5 Monate postoperativ, III).

Die Auswertung der gezeigten Rheogramme zum Fallbeispiel 10 zeigt die folgende Tabelle.

Abl.		3				6			
		prä	(I)	post	(III)	prä	(I)	post	(III)
A	mOhm	14	26	24	17	16	98	48	57
GE	msec	400	200	180	160	300	180	120	130
PE	msec	200	180	160	200	280	220	210	230
α	°	34	85	77	84	40	86	85	84
β	°	17	72	37	35	22	81	65	72
RQ		0,5	0,8	1,0	0,7	0,3	0,9	0,6	0,6

Tab. 17 Auswertung der prä- und postoperativen Rheogramme der Ableitungen 3 und 6 zum Fallbeispiel 10

Abb. 80 Präoperative Rheographie der Beckenregion zum Fallbeispiel 10

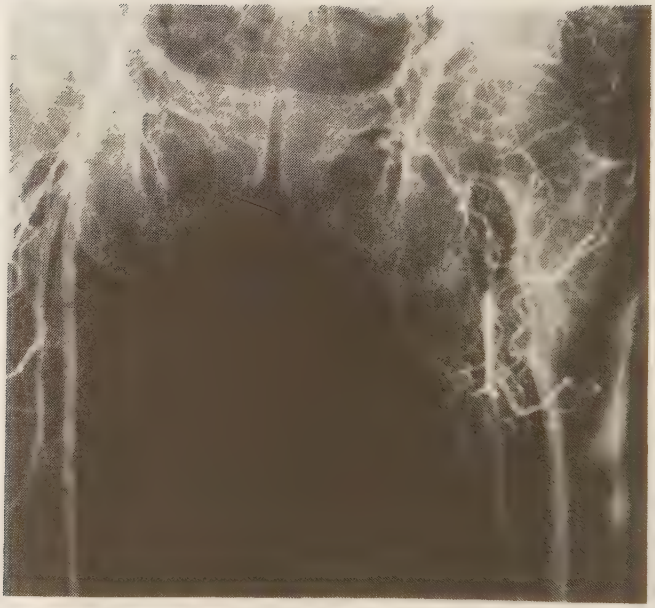

Abb. 81 Präoperative Angiographie der Oberschenkelregion zum Fallbeispiel 10

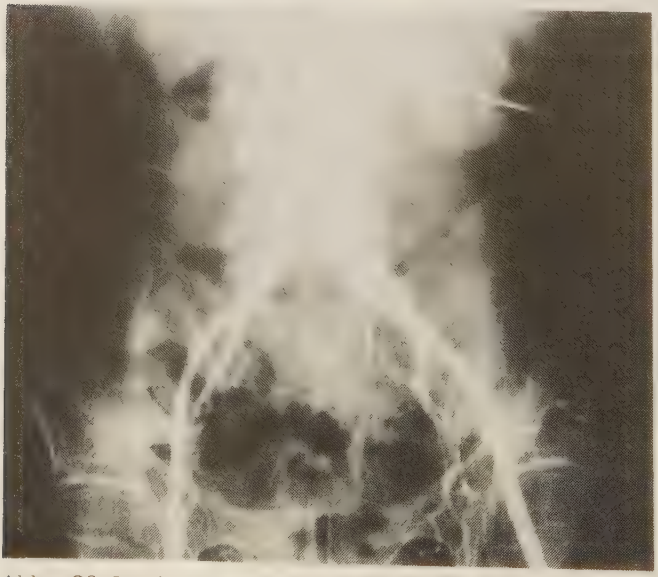

Abb. 82 Postoperative Angiographie der Beckenregion zum Fallbeispiel 10

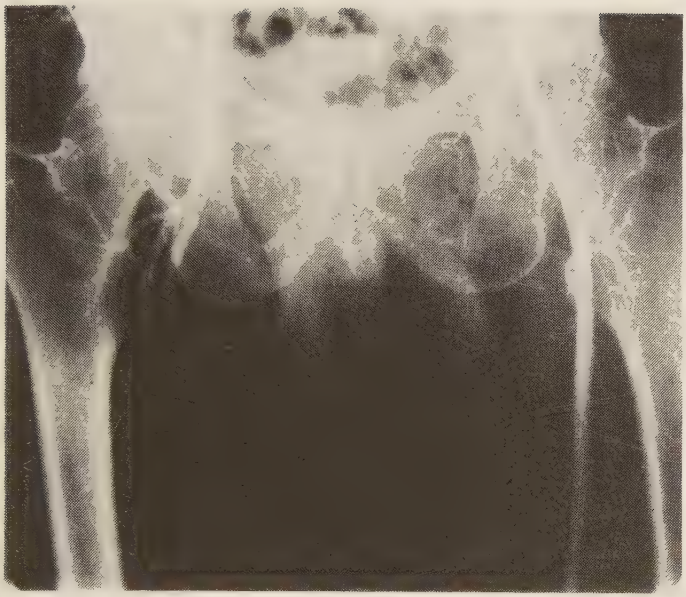

Abb. 83 Postoperative Angiographie der Oberschenkelregion zum Fallbeispiel 10

Abb. 84 Postoperative Angiographie der Knieregion zum Fallbeispiel 10

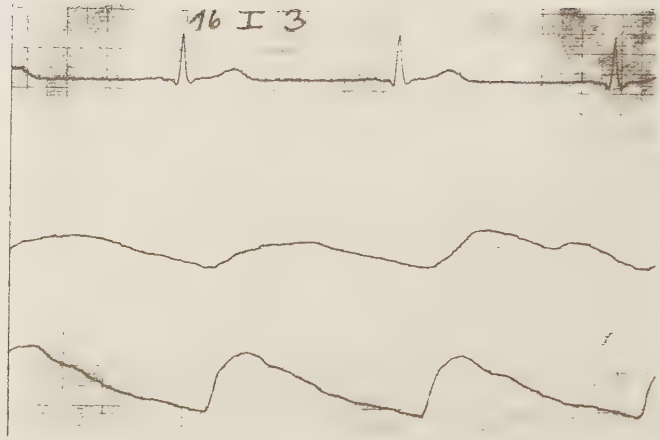

Abb. 85 Rheogramm der 3. Abl. der präoperativen Messung zum Fallbeispiel 10

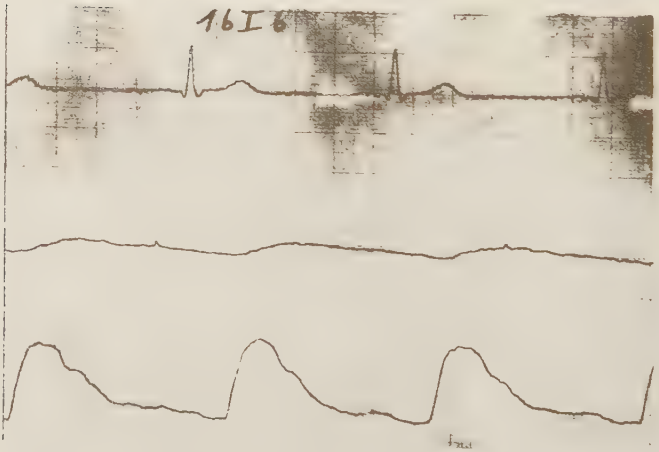

Abb. 86 Rheogramm der 6. Abl. der präoperativen Messung zum Fallbeispiel 10

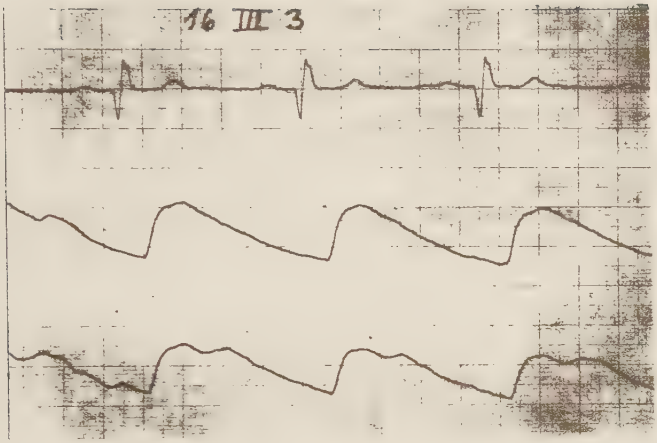

Abb. 87 Rheogramm der 3. Abl. der postoperativen Messung zum Fallbeispiel 10

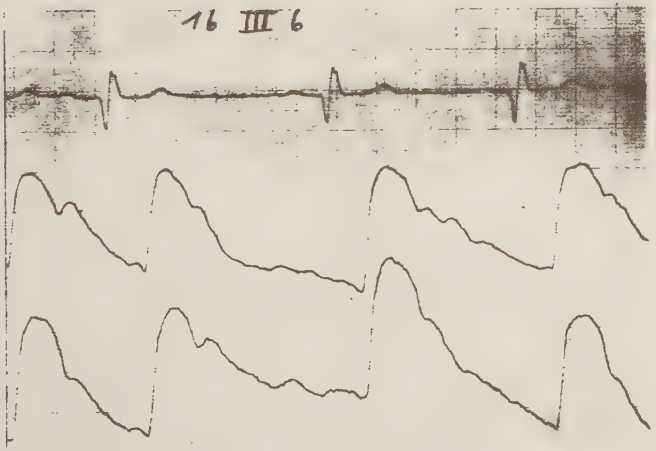

Abb. 88 Rheogramm der 6. Abl. der postoperativen Messung zum Fallbeispiel 10

Die ausgedehnten Gefäßverschlüsse werden auch in den präoperativen Rheogrammen deutlich. In der Peripherie des linken Beines sind nur Modulationen der Grundlinie zu erkennen. Eine rechnerische Auswertung wurde trotzdem versucht, das Ergebnis ist aber eher noch negativer zu bewerten. Die postoperative Abl. 3, die ja links ausschließlich den Prothesenbereich erfaßt, zeigt hier fehlende Nachwellen als Hinweis auf die reduzierten elastischen Kräfte der Prothese. In der periphersten Abl. 6 kommen postoperativ fast normale Durchblutungsverhältnisse zur Darstellung. Auf eine Demonstration der direkt postoperativ geschriebenen Rheogramme konnte verzichtet werden, da sie im wesentlichen mit den hier gezeigten übereinstimmen.

Beispiel 11: J.W., 74-jähriger Mann

F.A.: Ø
E.A.: seit 7 Jahren Nikotinabusus, seit 29 Jahren Diabetes mellitus, seit 13 Jahren Angina pectoris und Herzrhythmusstörungen.
J.A.: seit 8 Jahren eine Gehstrecke von 50 Metern, jetzt Ruheschmerzen in der linken Wade und im linken Fuß, Kältegefühl und Parästhesien beider Füße.
Befund: beide Füße bläulich-rot, Nekrose an der linken Kleinzehe, auf beiden Seiten nur A. femoralis tastbar.
Angiographie: links totaler Verschluß der A. iliaca interna und der A. femoralis superficialis, rechts Stenose im Abgangsbereich der A. femoralis superficialis bei Arteriosklerose (siehe Abb. 89).
Operative Therapie: Femoro-cruraler-Dacronbypass links.
Verlauf: A. tibialis posterior wieder schwach tastbar, Gehstrecke 100 Meter, Abheilung der Zehennekrose.

Die prä- und postoperativen Rheogramme der Ableitungen 1,4 und 6 zeigen die Abbildungen 90, 91 und 92 (präoperativ, I), 93, 94 und 95 (14 Tage postoperativ, II) und 96, 97 und 98 (4,5 Monate postoperativ, III).

Die Auswertung der Rheogramme zum Fallbeispiel 11 zeigen die folgenden Tabellen, Tab. 18 Werte der Abl. 1, Tab. 19 Werte der Abl. 4 und Tab. 20 Werte der Abl. 6.

Abl. 1	prä (I)		post (II)		post (III)	
A mOhm	61	67	52	103	47	57
GZ msec	240	170	170	170	160	160
PZ msec	200	200	200	200	190	200
α °	47	82	81	86	80	81
β °	34	73	67	79	63	72
RQ	0,2	0,6	0,6	0,7	0,5	0,4

Tab. 18 Auswertung der prä- und postoperativen Rheogramme der Abl. 1 zum Fallbeispiel 11

Abl. 4	prä (I)		post (II)		post (III)	
A mOhm	10	21	22	34	14	19
GZ msec	180	150	160	160	170	170
PZ msec	220	200	180	190	190	200
α °	43	70	75	79	68	67
β °	31	50	49	59	32	41
RQ	0,5	0,7	1,2	1,1	0,9	0,7

Tab. 19 Auswertung der prä- und postoperativen Rheogramme der Abl. 4 zum Fallbeispiel 11

Abl. 6	prä (I)		post (II)		post (III)	
A mOhm	-	17	21	36	24	24
GZ msec	-	170	180	160	200	160
PZ msec	-	260	270	260	230	260
α °	-	63	69	77	70	73
β °	-	41	32	60	34	37
RQ	-	0,3	0,5	0,4	0,4	0,3

Tab. 20 Auswertung der prä- und postoperativen Rheogramme der Abl. 6 zum Fallbeispiel 11

Abb. 89 Angiographie zum Fallbeispiel 11 (linkes Bein)

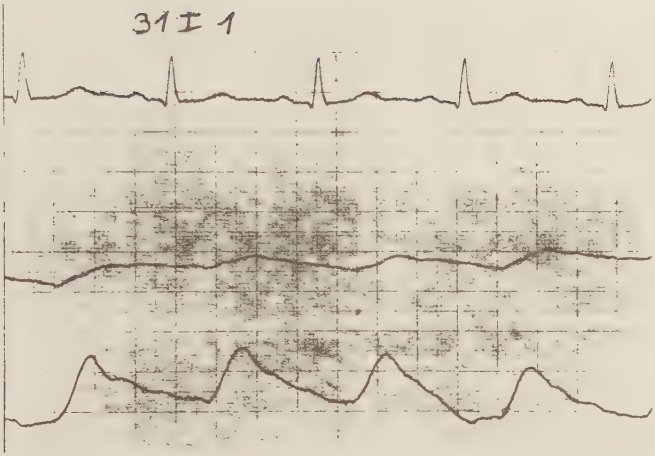

Abb. 90 Rheogramm der 1. Abl. der präoperativen Messung zum Fallbeispiel 11

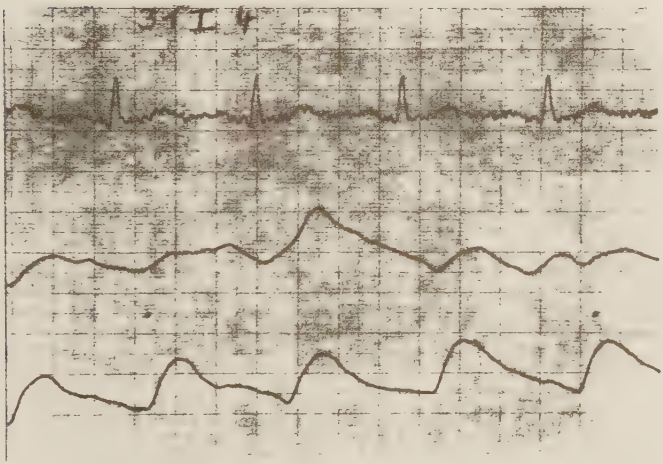

Abb. 91 Rheogramm der 4. Abl. der präoperativen Messung zum Fallbeispiel 11

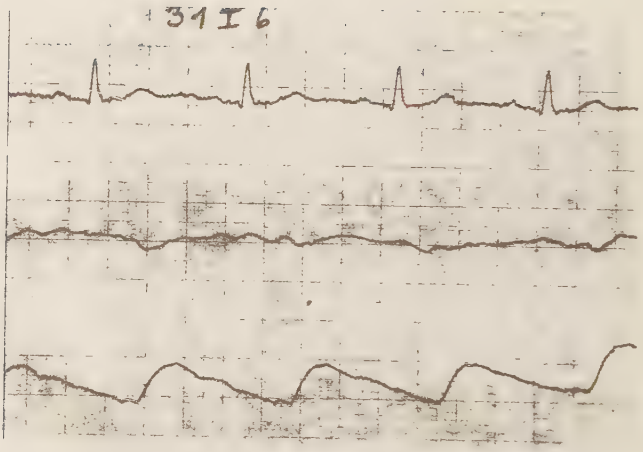

Abb. 92 Rheogramm der 6. Abl. der präoperativen Messung zum Fallbeispiel 11

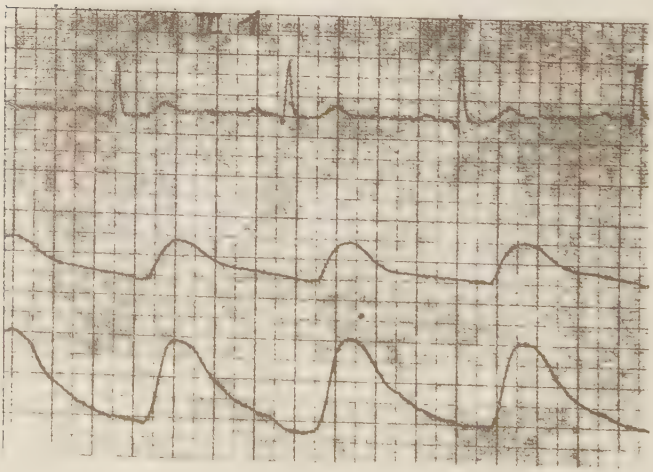

Abb. 93 Rheogramm der 1. Abl. der 1. postoperativen Messung zum Fallbeispiel 11

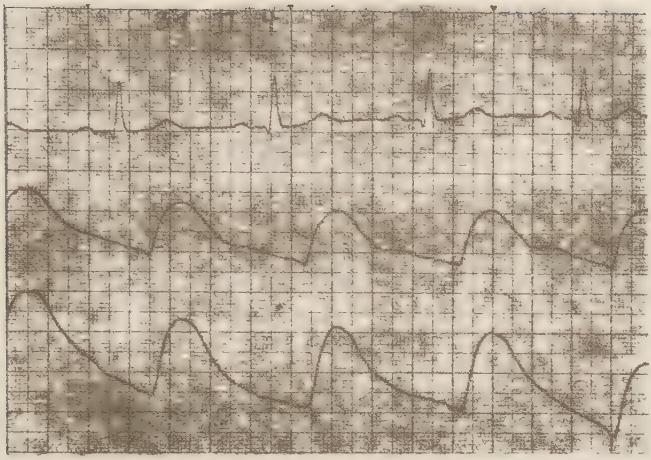

Abb. 94 Rheogramm der 4. Abl. der 1. postoperativen Messung zum Fallbeispiel 11

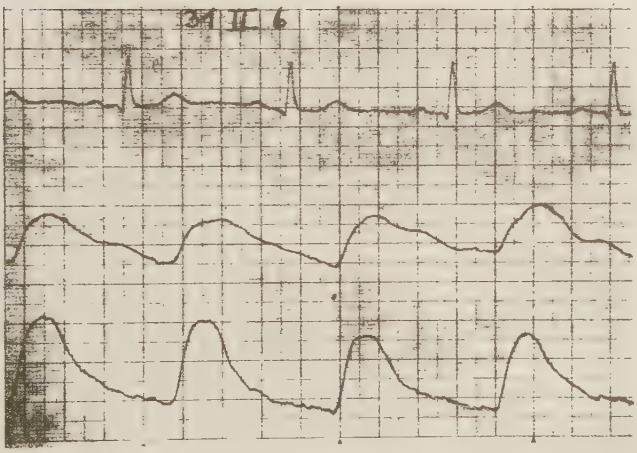

Abb. 95 Rheogramm der 6. Abl. der 1. postoperativen Messung zum Fallbeispiel 11

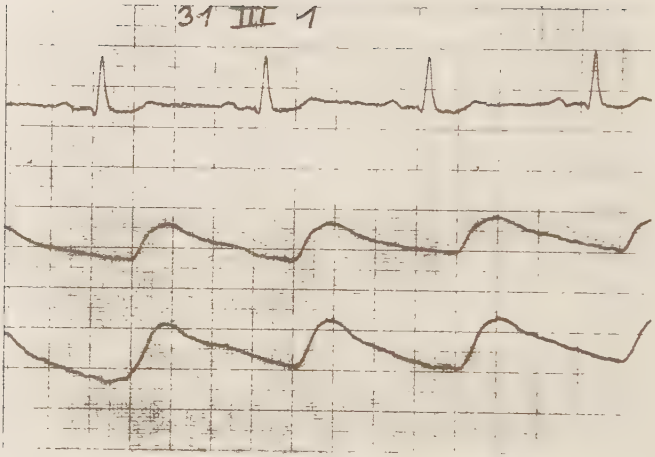

Abb. 96 Rheogramm der 1. Abl. der 2. postoperativen Messung zum Fallbeispiel 11

Abb. 97 Rheogramm der 4. Abl. der 2. postoperativen Messung zum Fallbeispiel 11

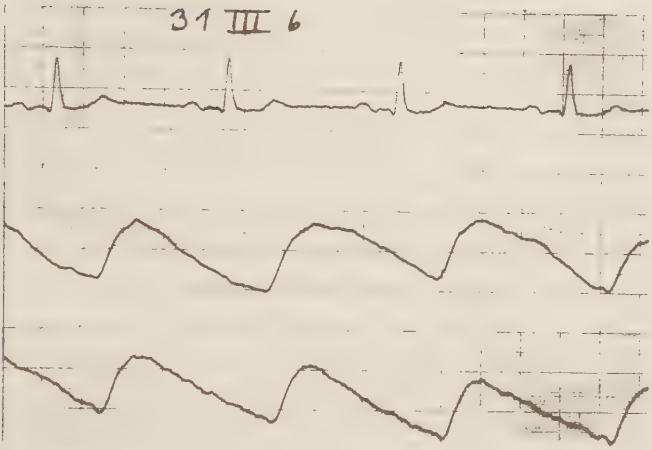

Abb. 98 Rheogramm der 6. Abl. der 2. postoperativen Messung zum Fallbeispiel 11

Die präoperativen Rheogramme der linken Beines beweisen ein proximal gelegenes Strombahnhindernis mit sehr schlechter kollateraler Überbrückung und akuter Gefährdung der Peripherie. Aber auch auf der rechten Seite ist die Blutversorgung der Peripherie weit unter der Norm. Die direkt postoperativen Rheogramme zeigen die Rückkehr registrierbarer Pulswellen. Sie sind jedoch weiterhin pathologisch: Kreissegmentform und das Fehlen der Nachwellen deuten auf ein fortbestehendes Strombahnhindernis im Beckenbereich hin. Auf der rechten Seite scheint die Blutzufuhr bei einem völlig rigiden Gefäßsystem gerade noch ausreichend. Die letzte rheographische Kontrolle zeigt wiederum eine Verschlechterung aller Meßwerte auf beiden Seiten und ist wohl auf die rasche Progression der Grundkrankheit Arteriosklerose in Kombination mit der sicherlich vorhandenen diabetischen Mikroangiopathie zurückzuführen.

Beispiel 12: M.J., 39-jährige Frau

F.A.: Ø
E.A.: seit 20 Jahren Nikotinabusus, seit 10 Jahren Diabetes mellitus, seit 7 Jahren Fettstoffwechselstörung, seit Jahren Ovulationshemmer.
J.A.: zwei Tage vor der stationären Aufnahme nachts plötzliche Schmerzen in beiden Beinen von der Wade bis in den Oberschenkel ziehend, besonders starke Schmerzen im rechten Fuß.
Befund: beide Füße kalt, rechts deutlich kälter mit bläulich-roter Verfärbung der Großzehe, Fußpulse auf beiden Seiten nicht, A. poplitea und femoralis beidseits schwach tastbar.
Angiographie (translumbal): embolische Verschlüsse der Femoralisgabel, der rechten A. iliaca und profunda femoris, links der A. tibialis anterior, tibialis posterior und profunda femoris (Abb. 99, 100 und 101).
Operative Therapie: halbgeschlossene Thrombembolektomie der Aorta abdominalis, beider Beckenarterien und der Unterschenkelarterien beidseits bei mindestens drei Tage altem Aortenverschlußsyndrom mit peripherer Streuung in beide Extremitäten.
Postoperative Angiographie: links Verschlüsse der A. tibialis anterior, tibialis posterior und A. profunda femoris, rechts Verschluß der A. profunda femoris (siehe Abbildungen 102 und 103).
Verlauf: direkt postoperativ A. femoralis gut, A. poplitea und dorsalis pedis beiderseits schwach tastbar. Schmerzen nur noch in beiden Großzehen. Die Kontrolle nach 6 Monaten macht ein Rezidiv wahrscheinlich: Gehstrecke nur 100 Meter, dann beiderseits Schmerzen bis zu den Knien aufsteigend, Taubheitsgefühl in der linken Großzehe; auch nach intensiven internistischen Bemühungen kein Nachweis einer Emboliequelle.

Die prä- und postoperativen Rheogramme der Ableitungen 1, 5 und 6 zeigen die Abbildungen 104, 105 und 106 (präoperativ, I), 107, 108 und 109 (10 Tage postoperativ, II)

Die Auswertung der gezeigten Rheogramme zum Fallbeispiel 12 zeigen die folgenden Tabellen, Tab. 21 Werte der Abl. 1, Tab. 22 Werte der Abl. 5 und Tab. 23 Werte der Abl. 6.

Abl. 1	prä (I)		post (II)		post (III)	
A mOhm	52	72	103	140	62	72
GZ msec	200	210	120	110	170	190
PZ msec	200	200	220	210	210	230
α °	81	81	86	87	82	83
β °	63	70	78	82	70	73
RQ	0,4	0,6	0,8	1,1	0,6	0,8

Tab. 21 Auswertung der prä- und postoperativen Rheogramme der Abl. 1 zum Fallbeispiel 12

Abl. 5	prä (I)		post (II)		post (III)	
A mOhm	9	24	26	50	24	24
GZ msec	240	200	130	100	170	170
PZ msec	230	230	220	230	260	270
α °	33	66	74	84	72	72
β °	26	37	49	69	47	47
RQ	0,1	0,4	0,4	0,7	0,4	0,4

Tab. 22 Auswertung der prä- und postoperativen Rheogramme der Abl. 5 zum Fallbeispiel 12

Abl. 6	prä (I)		post (II)		post (III)	
A mOhm	5	9	17	29	24	21
GZ msec	320	210	160	140	210	200
PZ msec	330	320	270	250	300	290
α °	22	29	67	75	69	62
β °	15	16	29	56	36	35
RQ	0,1	0,1	0,2	0,4	0,4	0,3

Tab. 23 Auswertung der prä- und postoperativen Rheogramme der Abl. 6 zum Fallbeispiel 12

Abb. 99 Präoperative Angiographie der Beckenregion zum Fallbeispiel 12

Abb. 100 Präoperative Angiographie der Oberschenkelregion zum Fallbeispiel 12

Abb. 101 Präoperative Angiographie der Knieregion zum Fallbeispiel 12

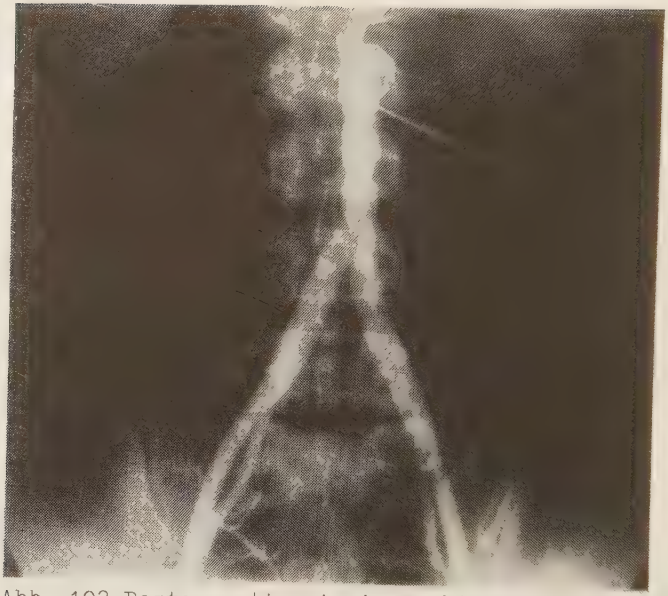

Abb. 102 Postoperative Angiographie der Beckenregion zum Fallbeispiel 12

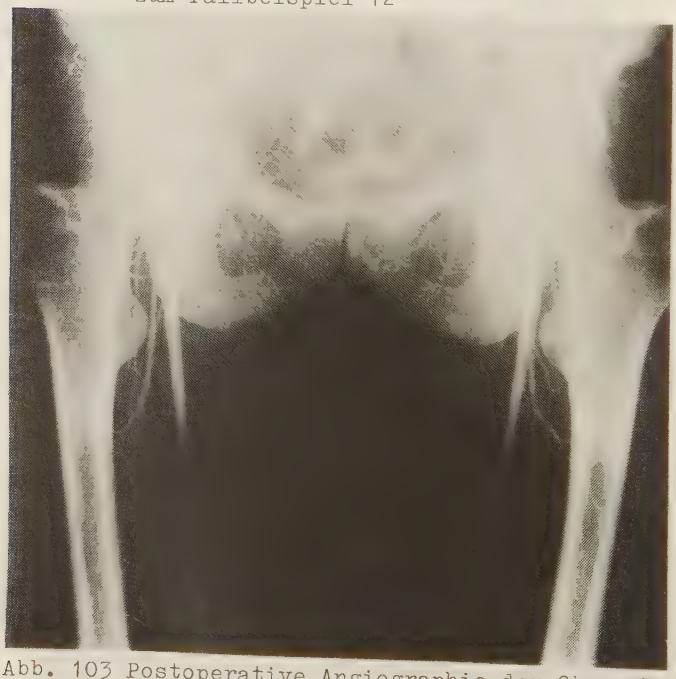

Abb. 103 Postoperative Angiographie der Oberschenkelregion zum Fallbeispiel 12

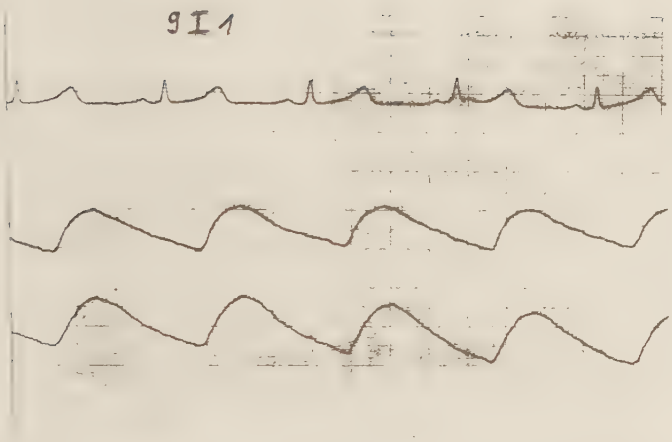

Abb. 104 Rheogramm der 1. Abl. der präoperativen Messung zum Fallbeispiel 12

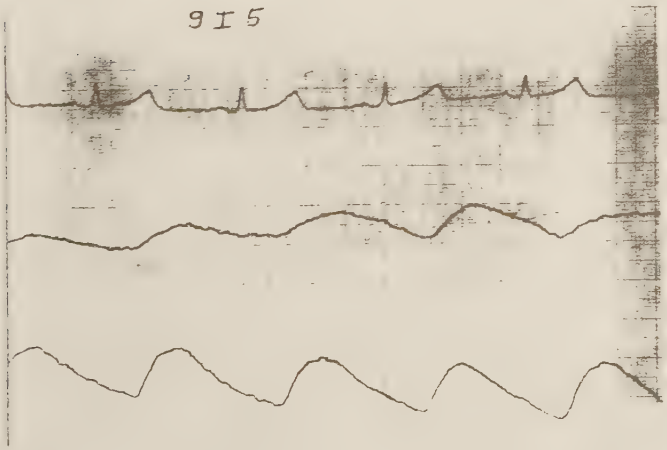

Abb. 105 Rheogramm der 5. Abl. der präoperativen Messung zum Fallbeispiel 12

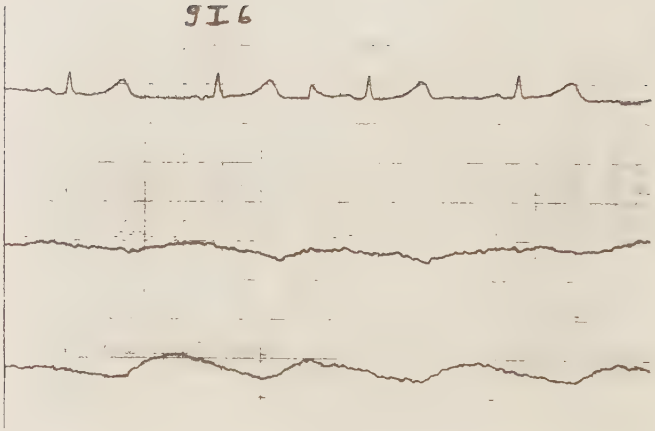

Abb. 106 Rheogramm der 6. Abl. der präoperativen Messung zum Fallbeispiel 12

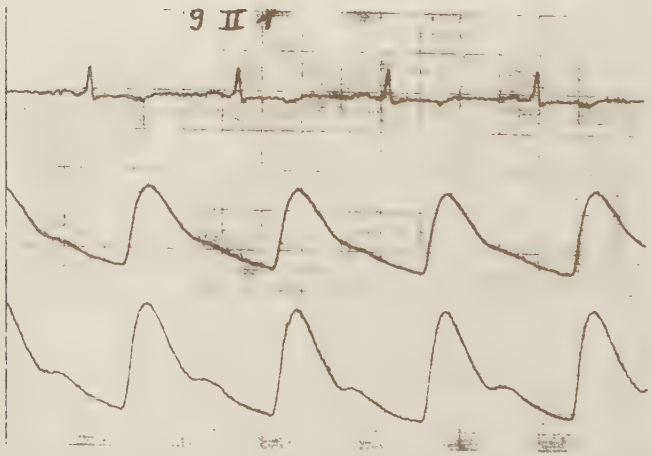

Abb. 107 Rheogramm der 1. Abl. der 1. postoperativen Messung zum Fallbeispiel 12

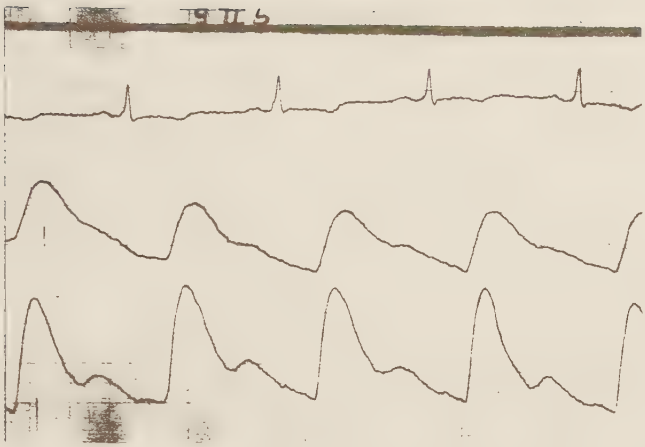

Abb. 108 Rheogramm der 5. Abl. der 1. postoperativen Messung zum Fallbeispiel 12

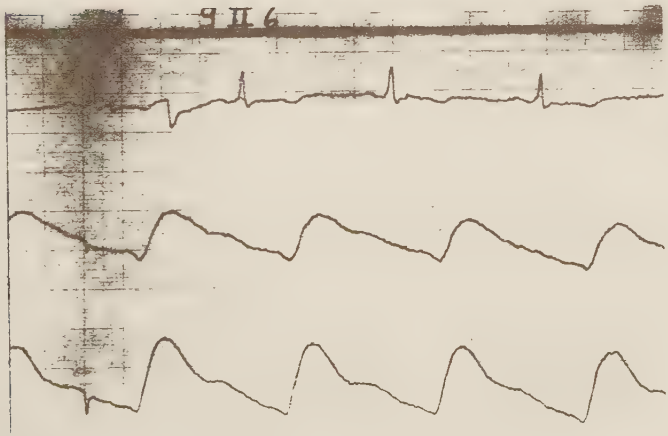

Abb. 109 Rheogramm der 6. Abl. der 1. postoperativen Messung zum Fallbeispiel 12

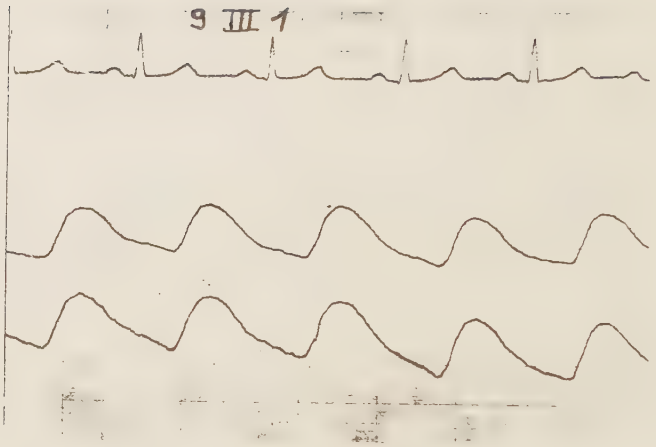

Abb. 110 Rheogramm der 1. Abl. der 2. postoperativen Messung zum Fallbeispiel 12

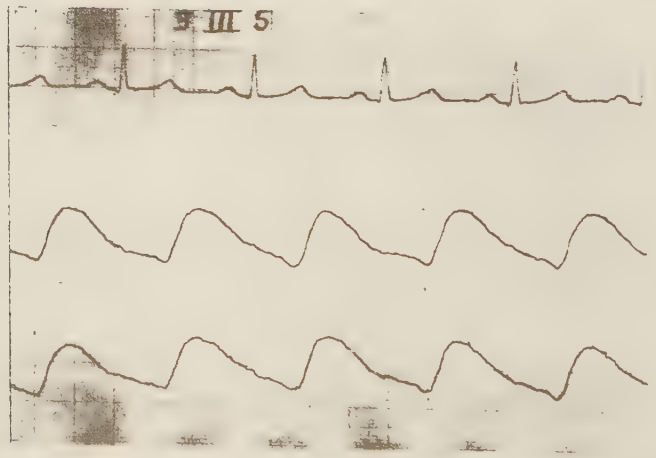

Abb. 111 Rheogramm der 5. Abl. der 2. postoperativen Messung zum Fallbeispiel 12

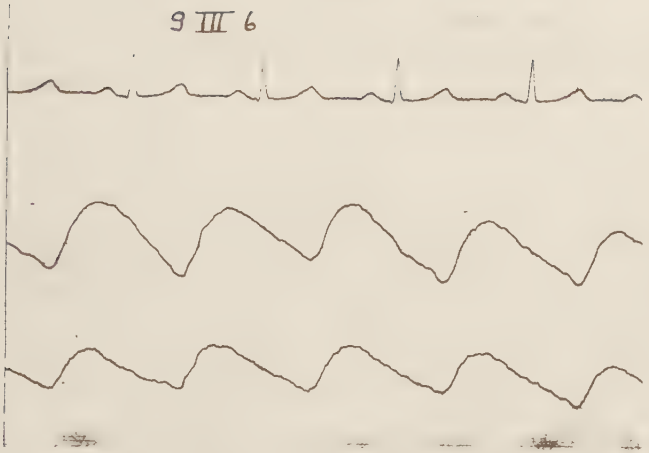

Abb. 112 Rheogramm der 6. Abl. der 2. postoperativen Messung zum Fallbeispiel 12

Die präoperativen Rheogramme geben in allen Ableitungen Hinweise auf ausgedehnte, proximal gelegene Strombahnhindernisse mit sehr schlechter Versorgung der Peripherie. Die zusätzlich noch bestehenden Strömungsausfälle des linken Unterschenkels werden in den Ableitungen 5 und 6 deutlich. Die direkt postoperativen Rheogramme zeigen eine deutliche Besserung der Durchblutungsverhältnisse, aber auch, daß eine vollständige Durchgängigkeit aller Unterschenkelarterien links nicht erreicht werden konnte. Auf der rechten Seite werden überall normale Kurven gefunden, nur die Grenzwerte der Abl. 6 lassen auf vorhandene Teilverschlüsse der Fußarterien schließen.

6 Monate postoperativ zeigt die Abl. 1 ein ähnliches Kurvenbild wie präoperativ, jedoch einen höheren RQ. Es muß ein proximal gelegenes Rezidiv eingetreten sein, da alle Ableitungen auf ein proximal gelegenes Strombahnhindernis schließen lassen. Die Versorgung der Peripherie ist jedoch deutlich besser als präoperativ. Beide Beine sind dieses Mal nahezu gleichmäßig betroffen, was auch in guter Übereinstimmung mit den angegebenen Beschwerden der Patientin steht. Leider lehnte sie eine angiographische Kontrolle mit den sich daraus ergebenen Konsequenzen einer eventuellen Zweitoperation ab.

3.2 Ergebnisse der zweiten Gruppe

3.2.1 Allgemeines

In der zweiten Patientengruppe konnten nur postoperative Rheogramme geschrieben und ausgewertet werden. Der Grund dafür waren teilweise sehr kurzfristige Operationen und die Tatsache, daß einige Patienten zu Beginn der Untersuchungsreihe mit in die Auswertung hineingenommen wurden. Es wurden bei den 14 Patienten im Alter von 50 bis 77 Jahren (Durchschnitt 63,1 Jahre) 15 Gefäßrekonstruktionen und eine lumbale Sympathektomie durchgeführt. Als Grunderkrankung fand sich in 11 Fällen eine chronische AVK, die in 6 Fällen durch eine frische oder auch ältere Thrombose kompliziert wurde. 3 Patienten hatten embolische Verschlüsse. Bei ebenfalls 3 Patienten erfolgte noch im Beobachtungszeitraum eine Oberschenkelamputation und 2 Patienten verstarben (Herzinsuffizienz und Sepsis als Todesursache). Diese 5 Patienten waren bei Beginn der stationären Behandlung alle im Stadium 4 der AVK nach FONTAINE.

6 Patienten hatten eine positive Familienanamnese. Bei 13 Patienten, davon 12 Raucher, wurden Risikofaktoren für die AVK gefunden und zwar bei 3 Patienten zwei und bei 8 Patienten drei oder noch mehr. 2 Patienten hatten Herzrhythmusstörungen.

Präoperativ fand sich die folgende Verteilung der Stadien der AVK nach FONTAINE:

Stadium 2a	1 Fall
Stadium 2b	6 Fälle
Stadium 3	1 Fall
Stadium 4	6 Fälle

Die Verteilung ist also ähnlich wie bei der ersten Untersuchungsgruppe.

2 Patienten waren bereits auf der Gegenseite oberschenkelamputiert.

Die Häufigkeitsverteilung der Verschlußlokalisationen unterscheidet sich ebenfalls nicht von der der ersten Gruppe. Der Oberschenkeltyp ist am häufigsten vertreten (7 Fälle), es folgt der Beckentyp (4 Fälle) und der noch seltenere periphere Typ. 6 Patienten hatten Kombinationsverschlüsse. Die medikamentöse Therapie wurde, wie bei der ersten Gruppe beschrieben, durchgeführt; die Hälfte aller Patienten konnte mit einer Marcumardauertherapie entlassen werden. Wundheilungsstörungen leichterer Art wurden nur bei einem Patienten gesehen, alle anderen Operationswunden heilten komplikationslos.

3.2.2 Operative Therapie

In der Gruppe zwei dieser Untersuchung wurden 9 Thrombendarteriektomien, 5 Umleitungsoperationen, eine lumbale Sympathektomie und eine Aneurysmaresektion durchgeführt. Die 5 Erweiterungsplastiken wurden in 2 Fällen mittels Venenpatch und in 3 Fällen mittels Kunststoffpatch versorgt. Bei 3 Patienten erfolgte eine Embolektomie.

Kunststoffprothesen kamen bei den folgenden Operationen zum Einsatz:
Dacron-Interponat der A. femoralis,
Dacron-Interponat der A. iliaca communis,
Dacron-Interponat der A. iliaca nach Resektion eines Aneurysmas,
Ileo-femoraler-Dacronbypass (2 Fälle).

3.2.3 Rheographische Ergebnisse

In der postoperativen Untersuchungsreihe der zweiten Gruppe wurden 15 Extremitäten ausgewertet. Ein Patient zeigte nur "Nulllinienrheogramme", die rechnerisch nicht ausgewertet werden konnten. Bei einem Patienten konnte wegen einer Nekrose die Abl. 6 nicht mitregistriert werden.

Über die gefundenen Mittelwerte aller postoperativen Messungen informiert die folgende Tabelle.

Abl.	1	2	3	4	5	6
A mOhm	37	57	19	45	43	32
GZ msec	172	167	149	152	146	134
PZ msec	192	189	185	201	237	236
α °	79	77	67	77	77	73
β °	71	65	42	59	59	55
RQ	0,72	0,89	0,76	1,21	0,61	0,44

Tab. 24 Postoperative Mittelwerte von rheographischen Messungen bei Patienten der Gruppe 2

Die Mittelwerte dieser Gruppe zeigen eine etwas günstigere Tendenz als die postoperativen Werte der ersten Gruppe. Operationsmißerfolge, die die Mittelwerte der ersten Gruppe zum Negativen hin veränderten, sind in der zweiten Gruppe nur für 3 Fälle anzunehmen, wobei nur zwei in die Auswertung mit eingingen. Alle anderen Patienten zeigten klinisch Verbesserungen ihres Krankheitsbildes. Auch der relativ hohe Anteil an Embolektomien mit den günstigeren postoperativen Ergebnissen mag ein Grund für die etwas zur Norm hin verbesserten Mittelwerte sein. Die zu geringe Patientenzahl reduziert die Aussagekraft der Ergebnisse dieser Gruppe jedoch, so daß den Unterschieden nicht viel Bedeutung beigemessen werden muß.

3.1.4 Fallbeispiel

Beispiel 13: W.R., 54-jähriger Mann

F.A.: Ø
E.A.: seit 36 Jahren Nikotinabusus, vor 16 Monaten totale Gastrektomie wegen eines Cardiacarcinoms.
J.A.: 4 Wochen vor der stationären Aufnahme plötzliche Schmerzen in der rechten Wade, danach Ruheschmerzen des gesamten rechten Unterschenkels, Kältegefühl.

Befund: rechter Fuß deutlich kälter, A. poplitea, dorsalis pedis, tibialis posterior rechts und A. tibialis posterior links nicht tastbar.
Angiographie: thromboembolischer Verschluß der A. poplitea und der Trifurkation rechts, Stenosen der A. iliaca communis und der A. femoralis superficialis links bei Arteriosklerose (siehe Abb. 113).
Operative Therapie: Embolektomie der A. poplitea rechts, Erweiterungsplastik mit Kunststoffpatch.
Verlauf: postoperativ A. dorsalis pedis schwach, A. poplitea rechts gut tastbar, Beschwerdefreiheit, unbeschränkte Gehstrecke.

Die postoperativen Rheogramme der Ableitungen 2, 5 und 6 zeigen die Abbildungen 114, 115 und 116 (12 Tage postoperativ, I).

Die Auswertung der gezeigten Rheogramme zum Fallbeispiel 13 zeigt die folgende Tabelle.

Abl.	2		5		6	
A mOhm	119	124	81	81	62	48
GZ msec	150	150	130	130	130	120
PZ msec	200	200	230	230	260	260
α °	87	87	85	85	85	84
β °	81	82	79	80	75	74
RQ	1,6	1,6	1,0	1,1	0,8	0,6

Tab. 25 Auswertung der Rheogramme der Ableitungen 2, 5 und 6 zum Fallbeispiel 13

Die sehr hohen Amplituden der Abl. 2 und ein ebenfalls hoher RQ in Verbindung mit fehlenden Nachwellen, die hier nicht pathologisch sind, deuten auf eine Vasodilatation der Gefäße in diesem Bereich hin. Bei der Abl. 5 kommen seitengleiche Rheogramme, die mit allen Werten im Normbereich liegen, zur Darstellung. Amplitude und RQ sind bei der Abl. 6 rechts, also beim rechten Fuß, geringfügig reduziert. Das könnte ein Hinweis auf einen embolischen Teilverschluß im Bereich der Fußarterien sein.

8 I 2

Abb. 114 Rheogramm der 2. Abl. zum Fallbeispiel 13

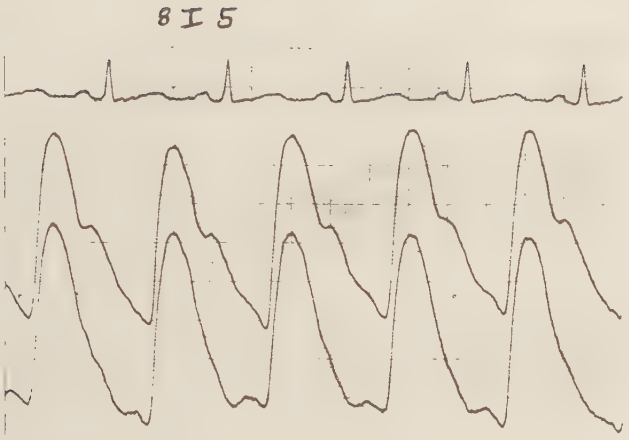

Abb. 115 Rheogramm der 5. Abl. zum Fallbeispiel 13

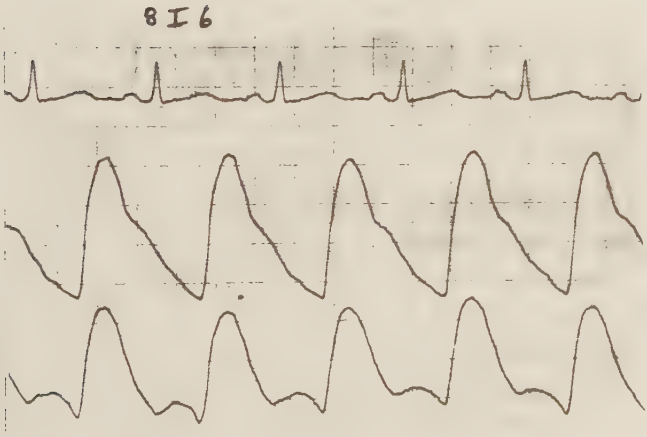

Abb. 116 Rheogramm der 6. Abl. zum Fallbeispiel 13

3.3 Ergebnisse der dritten Gruppe

3.3.1 Allgemeines

In der dritten, sehr heterogenen Gruppe von 18 Patienten wurden aus den verschiedensten Gründen Rheogramme geschrieben. Die Patienten waren zwischen 33 und 86 Jahren alt, der Durchschnitt betrug 64,4 Jahre. Es handelte sich um 12 Männer und 6 Frauen. Den größten Anteil stellten Patienten mit einer chronischen AVK, bei denen sich nach der Angiographie keine Operationsindikation für eine Gefäßrekonstruktion stellen ließ (fehlende lokale Operabilität). In diese Untergruppe fielen 8 Patienten, darunter 4, bei denen ein Diabetes mellitus mit diabetischer Mikroangiopathie die Diagnose erschwerten. Bei drei Patienten der dritten Gruppe entschloß man sich direkt zur Oberschenkelamputation. Darunter befand sich ein 86-jähriger Mann, der bereits auf der anderen Seite oberschenkelamputiert war. Bei einem Patienten wurde eine Vorfußamputation vorgenommen. Eine Patientin lehnte die Amputation ab. Nur 10 Patienten der dritten Gruppe wurden angiographiert, wobei jedoch nur in einem Fall die Diagnose eines unauffälligen Gefäßsystems gestellt werden konnte. Eine Patientin verstarb vor dem geplanten gefäßchirurgischen Eingriff an einem Herzinfarkt; ein Patient lehnte nach Abschluß der Diagnostik eine Operation ab. Die übrigen Patienten der Gruppe drei wurden primär konservativ behandelt.

Eine positive Familienanamnese hatten 6 Patienten, Risikofaktoren für eine AVK waren bei allen zu finden, davon 13-mal Nikotinabusus, 10-mal Hypertonie, 7-mal Diabetes, 5-mal Angina pectoris, 3-mal Herzinfarkt, 2-mal Apoplexie und einmal Hyperlipidämie. 11 Patienten hatten 3 oder mehr Risikofaktoren. Es ergaben sich die folgenden Häufigkeiten für die Stadien der AVK nach FONTAINE (von 15 Fällen):

Stadium 2a	2 Fälle
Stadium 2b	4 Fälle
Stadium 3	1 Fall
Stadium 4	8 Fälle

Es überwogen also mit 60 % die fortgeschrittenen Stadien, die auf jeden Fall therapeutisch angegangen werden mußten.

3.3.2 Rheographische Ergebnisse

Bei einer Gruppe von 5 Patienten stellte sich nach dem angiographischen Befund keine Indikation für eine Gefäßrekonstruktion. Alle 5 Patienten, davon 4 Frauen, hatten Verschlüsse der Unterschenkelarterien und z.T. noch zusätzliche Verschlüsse oder Stenosen im Becken- oder Oberschenkelbereich. Da eine Rekonstruktion im Unterschenkelbereich nicht zu den üblichen Routineverfahren gehört und sich ein gefäßchirurgischer Eingriff in der Becken- oder Oberschenkeletage verbietet, wenn kein ausreichender Abfluß vorhanden ist, wurden die Patienten zunächst konservativ (wie unter 3.1.1 beschrieben) behandelt, obwohl drei von ihnen bereits im Stadium 4 der AVK waren.

Eine Übersicht über die gefundenen Mittelwerte der betroffenen Extremitäten gibt die folgende Tabelle.

Abl.	1	2	3	4	5	6
A mOhm	96	48	12	46	23	25
GZ msec	167	155	184	173	170	245
PZ msec	190	187	180	200	222	240
α °	83	79	65	73	65	63
β °	72	59	26	60	39	36
RQ	0,6	0,6	0,6	0,8	0,4	0,3

Tab. 26 Mittelwerte von rheographischen Messungen bei Patienten der Gruppe drei mit fehlender lokaler Operabilität

Die Werte der Ableitungen 1 bis 4 sind, verglichen mit den präoperativen Mittelwerten der ersten Gruppe in den proximalen Abschnitten deutlich besser; von den Normalwerten sind sie jedoch weit entfernt. Nur die Werte der Ableitungen 5 und 6 sind denen der ersten Gruppe in etwa vergleichbar, teilweise sind die Durchblutungsverhältnisse in der Peripherie jedoch noch schlechter. Dieser Befund deckt sich somit gut mit den angiographischen Befunden.

Bei einer zweiten Gruppe von 5 Patienten wurde klinisch eine AVK diagnostiziert, jedoch angiographisch nicht gesichert, da aufgrund für den Patienten bedeutsamerer Erkrankungen eine Operationsindikation nicht gestellt werden konnte (fehlende allgemeine Operabilität). Es wurden die folgenden Hauptdiagnosen gestellt: Rectumcarcinom, schwere Cerebralsklerose mit Herzrhythmusstörungen, Alkoholdelir und Hyperthyreose, dekompensierte Herzinsuffizienz, Hodenseminom. Bei 3 Patienten konnte der Verdacht auf Strombahnhindernisse auch rheographisch untermauert werden, nur bei einem Patienten wurden fast normale Werte gefunden. Ein weiterer Patient hatte aufgrund eines Alkoholdelirs einen Tremor, der verzitterte, nicht auswertbare Kurven zur Folge hatte. Eine Übersicht über die Mittelwerte gibt die folgende Tabelle.

Abl.	1	2	3	4	5	6
A mOhm	95	59	14	12	23	26
GZ msec	172	174	158	185	158	190
PZ msec	194	196	194	215	244	260
α °	81	74	64	52	64	67
β °	65	59	38	20	44	49
RQ	0,5	0,5	0,7	0,3	0,3	0,3

Tab. 27 Mittelwerte von rheographischen Messungen bei Patienten der Gruppe drei mit fehlender allgemeiner Operabilität

Alle Werte liegen unter den Mittelwerten der Normalpersonen. Besonders die Werte der Ableitungen 4 bis 6 sind durchweg weit im pathologischen Bereich und geben bei einem RQ von 0,3 Hinweise auf die schlechten Durchblutungsverhältnisse der Peripherie.

Bei einer dritten Gruppe von 4 Patienten wurde ohne den vorherigen Versuch einer arteriellen Rekonstruktion direkt eine Amputation vorgenommen. Bei einem Patienten ergab die Angiographie ausgeprägte arteriosklerotische Veränderungen mit Stenosen und Verschlüssen beider Beine sowohl im Becken- und Oberschenkelbereich, als auch im Unterschenkel. Eine bei konservativer Behandlung sich ausbreitende Gangrän des linken Fußes machte eine Oberschenkelamputation erforderlich. Die Rheographie zeigte für beide Extremitäten die schwerste Form der arteriellen Durchblutungsstörung, wobei 7 Ableitungen aufgrund von "Nulllinienrheogrammen" nicht auswertbar waren. Die errechenbaren Werte waren alle im pathologischen Bereich, wobei links in Übereinstimmung mit der Angiographie noch ungünstigere Werte gefunden wurden. Bei einem Patienten zeigte die Angiographie keinen Verschluß der größeren Gefäße. Nach 16-jähriger Diabetesdauer und fast einjähriger konservativer Behandlung einer Vorfußgangrän, mußte man mit einer diabetischen Mikroangiopathie rechnen und entschloß sich zur Oberschenkelamputation. Bei der rheographischen Untersuchung wurden die folgenden Mittelwerte der betroffenen Extremität errechnet: A (mOhm) 33, GZ (msec) 168, PZ (msec) 172, α (°) 77, β (°) 52 und RQ 0,84. Die Winkelmeßwerte, die GZ sowie der RQ liegen für einen fast 80-jährigen Mann noch recht günstig und bestätigen somit den angiographischen Befund. Ein weiterer 86-jähriger Patient wurde nach über 50-jähriger Diabetesdauer und länger bestehenden diabetischen Gangrän ohne angiographische Absicherung am Oberschenkel amputiert. Der klinische Verdacht auf eine diabetische Makro- und Mikroangiopathie war ausreichend, zumal der Patient bereits ein Jahr früher wegen einer Gangrän auf

der anderen Seite am Oberschenkel amputiert werden mußte. Rheographisch ergaben sich für die Ableitungen 2, 3 und 4 noch recht gute Werte. Die Gipfelzeiten lagen hier um 110 msec, der RQ um 0,8. Unterhalb des Knies waren jedoch nur noch "Nulllinienrheogramme" aufzuzeichnen. Damit wurde, zumindest für den Unterschenkel, rheographisch die schwerste Form der arteriellen Durchblutungsstörung bewiesen. Bei einem weiteren 78-jährigen Patienten mußte nach sechsmonatiger konservativer Therapie einer infizierten Wunde nach einer Großzehennagelextraktion eine Vorfußamputation rechts vorgenommen werden. Eine Angiographie sicherte diese Amputationshöhe, nachdem die klinischen Hinweise auf eine AVK nicht eindeutig waren. Die Rheographie ergab für beide Seiten Werte im Normbereich, wobei rechts nur geringfügig schlechtere Werte der Abl. 5 auf eine nur minimale Durchblutungsminderung des Unterschenkels hinwiesen.

Unter den übrigen Patienten der Gruppe drei befanden sich zwei mit normalen Durchblutungsverhältnissen. Ein 65-jähriger Mann zeigte in allen Ableitungen ein völlig unauffälliges Rheogramm. Sowohl die Meßwerte als auch die Kurvenform ließen auf normale Durchblutungsverhältnisse schließen. Auf eine Angiographie konnte verzichtet werden, zumal die geklagten Beschwerden nach Abschluß der Diagnostik durch einen Bandscheibenvorfall und eine Hüftgelenksarthrose hinreichend erklärt werden konnten. Eine weitere 33-jährige Frau zeigte sowohl angiographisch als auch rheographisch normale Durchblutungsverhältnisse. Die angiographische Absicherung war im Hinblick auf einen gefäßchirurgischen Eingriff erfolgt. Nach achtmaliger Revision der linken Leistenregion war, wahrscheinlich durch Narbengewebe bedingt, die linke A. femoralis nicht mehr tastbar. 2 Patienten der Gruppe drei hatten operationsbedürftige Befunde im Sinne einer AVK vom Oberschenkeltyp. Ein 69-jähriger Mann lehnte bei einer Gehstrecke von angeblich 400 Metern sowohl die Angiographie als auch eine Operation ab. Die Rheographie

zeigte ein proximales Strombahnhindernis mit schlechter Versorgung der Peripherie. Die Gipfelzeiten lagen bei allen Ableitungen über 200 msec, der RQ lag nur für die Abl. 4 über 0,5, für die Ableitungen 5 und 6 sogar nur bei 0,1.

Die Befunde des letzten Patienten der dritten Gruppe werden im Fallbeispiel 15 näher erläutert.

3.3.2 Fallbeispiele

Beispiel 14: H.K., 52-jähriger Mann

F.A.: Ø
E.A.: seit 29 Jahren Nikotinabusus.
J.A.: seit 5 Jahren eine Gehstrecke von 1000 Metern, seit 6 Monaten nur noch 500 Meter, dann Schmerzen im linken Fuß, seit 4 Monaten nicht heilende Wunde der linken Kleinzehe.
Befund: linker Fuß gerötet und deutlich wärmer als rechts, Endgliednekrose der 5. Zehe, Entzündungszeichen; links A. poplitea, dorsalis pedis und tibialis posterior, rechts A. dorsalis pedis und tibialis posterior nicht tastbar.
Stadium der AVK: 4.
Angiographie: links Verschluß der A. femoralis superficialis, der A. tibialis posterior, fibularis und tibialis anterior, rechts Verschluß der A. tibialis anterior und fibularis (siehe Abb. 117 und 118).
Operative Therapie: eine arterielle Rekonstruktion der A. femoralis superficialis war wegen des fehlenden Abflusses nicht möglich, eine lumbale Sympathektomie wurde vom Patienten abgelehnt.
Verlauf: konservative Therapie, nahezu unveränderter Befund bei der Entlassung aus der stationären Behandlung.

Die Rheogramme der Ableitungen 3, 5 und 6 zeigen die Abbildungen 119, 120 und 121.

Die Auswertung der gezeigten Rheogramme zum Fallbeispiel 14 zeigt die folgende Tabelle.

Abl.		3		5		6	
A	mOhm	-	14	17	29	12	26
GZ	msec	-	120	200	120	260	170
PZ	msec	-	160	230	190	260	210
α	°	-	67	61	79	47	72
β	°	-	39	34	62	25	55
RQ		-	0,7	0,2	0,4	0,2	0,4

Tab. 28 Auswertung der Rheogramme der Ableitungen 3, 5 und 6 zum Fallbeispiel 14.

Abb. 117 Angiographie der Knieregion zum Fallbeispiel 14

Abb. 118 Angiographie der Unterschenkelregion zum Fallbeispiel 14

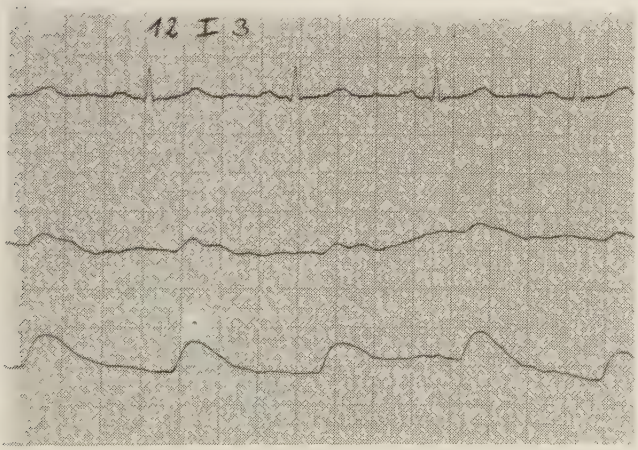

Abb. 119 Rheogramm der 3. Abl. zum Fallbeispiel 14

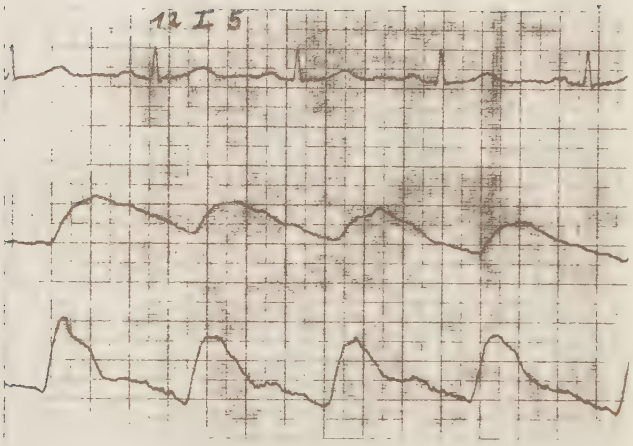

Abb. 120 Rheogramm der 5. Abl. zum Fallbeispiel 14

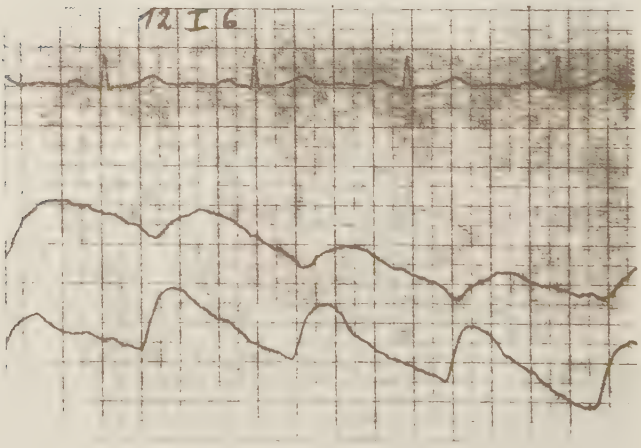

Abb. 121 Rheogramm der 6. Abl. zum Fallbeispiel 14

Die Abl. 3 zeigt links nur noch pulssynchrone Modulationen der Grundlinie, eine rechnerische Auswertung ist nicht mehr möglich. Die peripheren Ableitungen sind wiederum typisch für eine hochsitzende Strömungsunterbrechung mit mangelhafter Versorgung der Peripherie. Wegen des mäßig ausgebildeten Kollateralkreislaufs wird der Verschluß aller drei Unterschenkelarterien nicht deutlich. Das Kurvenbild ist dem des Fallbeispiels 9 vergleichbar, wo ähnliche Kurven jedoch bei völlig durchgängigen Unterschenkelarterien gefunden werden. Auf der rechten Seite kommt die Durchblutungsminderung des Unterschenkels, bei fast normalen Werten für die Abl. 3, recht gut zur Darstellung. Die Verhältnisse des rechten Unterschenkels sind jedoch deutlich besser als links. Bei den Ableitungen 5 und 6 findet man nur eine normale GZ, alle anderen Meßwerte, sowie die Kurvenform sind pathologisch.

Beispiel 15: A.G., 78-jährige Frau

F.A.: Ø
E.A.: seit 40 Jahren Nikotinabusus, seit einem Jahr Angina pectoris, seit 6 Monaten Hypertonie.
J.A.: seit 3 Wochen Abnahme der Gehstrecke auf 100 Meter, dann Schmerzen in der linken Wade, Kältegefühl im linken Fuß, Parästhesien der linken Ferse.
Befund: Muskelatrophie beider Beine, links A. dorsalis pedis und tibialis posterior, rechts A. tibialis posterior nicht tastbar.
Stadium der AVK: 2 b.
Angiographie: links Verschluß der A. femoralis superficialis, der A. poplitea und aller Unterschenkelarterien, rechts Stenose der A. tibialis posterior (siehe Abb. 122).
Verlauf: in der diagnostischen Phase des stationären Aufenthalts Exitus nach Herzinfarkt mit Kammerflimmern.

Das Rheogramm der Abl. 5 zeigt die Abb. 123.

Die Auswertung des gezeigten Rheogramms zum Fallbeispiel 15 zeigt die folgende Tabelle.

Abl.		5	
A	mOhm	62	181
GZ	msec	170	130
PZ	msec	250	220
α	°	82	88
β	°	57	84
RQ		0,4	1,3

Tab. 29 Auswertung des Rheogramms der Abl. 5 zum Fallbeispiel 15

Abb. 122 Angiographie zum Fallbeispiel 15

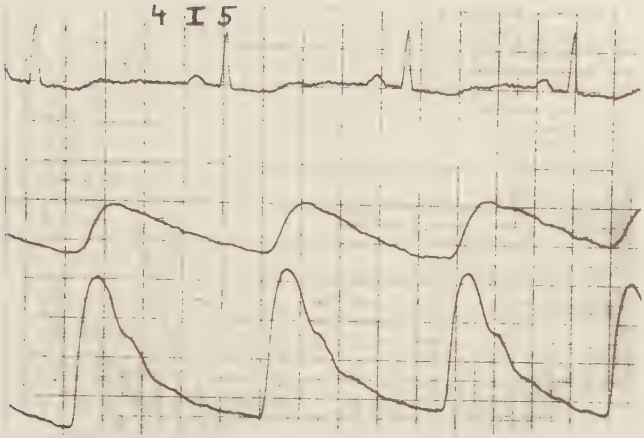

Abb. 123 Rheogramm der 5. Abl. zum Fallbeispiel 15

Die Abl. 5 deutet links auf eine Strömungsunterbrechung im Oberschenkelbereich mit gut ausgebildetem Kollateralkreislauf des Unterschenkels hin. Die Durchblutung im Meßbereich ist rheographisch deutlich besser als es aus der Angiographie ersichtlich wird. Die normalen Kurven des rechten Unterschenkels zeigen mehrere Nachwellen, ein Hinweis auf noch durchaus gute Elastizitätsverhältnisse der Arterien trotz des fortgeschrittenen Alters der Patientin. Die hohen Werte für die Amplitudenhöhe sowie die davon abhängigen Winkelmeßwerte erklären sich durch die an beiden Beinen etwa gleichmäßig vorhandene Muskelatrophie.

4. Diskussion

Die apparativen Zusatzuntersuchungen in der Angiologie sollen die klinische Diagnose bestätigen und erweitern. Bei der Diskussion zur Leistungsfähigkeit der Direktrheographie soll hier noch einmal darauf hingewiesen werden, daß aufgrund des Meßprinzips nur die pulsatorischen Volumenänderungen in Form einer aufgezeichneten Volumenpulskurve erfaßt werden können. Rückschlüsse auf das Blutvolumen sind nicht möglich, allenfalls "semiquantitative" Aussagen aufgrund von Seitenvergleichen, die durch die gleichzeitige Aufzeichnung korrespondierender Gliedmaßenabschnitte möglich werden.

Anwendungsbereiche der Rheographie sind in der Chirurgie und in der inneren Medizin zu finden. Sie dient zur Diagnostik peripherer Durchblutungsstörungen organischer Art und nach akuten Verschlüssen und erfaßt, neben der Klärung des Krankheitsbildes, das Stadium sowie Indikationen und Resultate der Therapie (RÖSCH und SCHWÄBLE, 1958; ALEGRIA, 1965). POLZER und SCHUHFRIED (1960) unterstreichen die Möglichkeit der Unterscheidung zwischen funktionellen Durchblutungsstörungen und organischen Gefäßerkrankungen. In der Chirurgie erscheint die rheographische Methode RÖSCH (1962) nützlich bei der Indikationsstellung von Gefäßplastiken und zur Beurteilung des Zeitpunkts und der Höhe notwendiger Amputationen. FOCHEM und PÄRTAN (1966) unterstreichen die Sicherheit und Genauigkeit mit der die pulsatorischen Durchbluturgsverhältnisse im Rheogramm ablesbar sind. BROSS et al. (1970) prüfen Operationserfolge und setzen die Rheographie zur Beurteilung des Kollateralkreislaufs in Verbindung mit der Anwendung vasoaktiver Mittel ein. KOZUSCHEK (1966 a, b) beurteilt mit Hilfe der Rheographie Durchblutungsänderungen nach Gaben einer vasoaktiven Substanz (Complamin) sowohl der parenchymatösen Organe, als auch der unteren Extremitäten bei diabetischen Durchblutungs-

störungen. Aussagen über Schweregrad und Lokalisation sowie eine vorläufige Auswahl der Patienten, die für eine chirurgische Behandlung in Frage kommen, werden nach BAUMANN (1973) durch die Rheographie ermöglicht. THIEME (1967) weist darauf hin, daß mit der Rheographie ohne Gefährdung des Patienten eine Verschlußlokalisation und eine Aussage über den Allgemeinzustand der Gefäße möglich werden. Nicht zuletzt sollte über den möglichen Einsatz der Rheographie bei der Beurteilung der Durchblutungsgrößen parenchymatöser Organe eingegangen werden (KOZUSCHEK, 1966 a und 1969).

Neben Leistungsfähigkeit, Meßgenauigkeit und Aussagekraft einer Methode sind als Voraussetzung für eine weite Verbreitung in Klinik und Praxis klinische Gesichtspunkte ebenso wichtig. Vorteile der Rheographie sind:

1. Rasche Durchführbarkeit ohne Belästigung des Patienten.
2. Anlegen der Elektroden ohne wesentlichen Druck (daher keine Schmerzen durch Manschettendruck wie bei der Oszillographie).
3. Möglichkeit individueller abschnittsweiser Messungen.
4. Dokumentation der gewonnenen Kurven.
5. Geringer technischer, materieller und personeller Aufwand.
6. Empfindlichkeit und Trägheitslosigkeit der direktrheographischen Messung (gegenüber der Rheographie nach SCHUHFRIED Verminderung der Störanfälligkeit der Meßanordnung).

Bei der Auswertung der direktrheographischen Kurven wurde z.T. auf Kriterien zurückgegriffen, die bei ähnlichen Volumenpulsmethoden als Auswertungskriterien angegeben werden. Nach KAINDL et al. (1979) sind auch die Ergebnisse und Überlegungen zur Rheographie nach SCHUHFRIED nicht auf die Direktrheographie übertragbar. Bei meinen Untersuchungen zeigte sich jedoch, sowohl bei den

normalen als auch bei den pathologischen Kurven, daß die Werte der einzelnen Meßparameter recht gut mit den in der Literatur angegebenen Werten übereinstimmen. Die Beurteilung des Rheogramms mit Hilfe nur e i n e s der angegebenen Parameter (A, GZ, α, β, PZ, RQ) ist nicht möglich, da eindeutige Zahlenwerte nicht bekannt sind, um Normalfälle von pathologischen Fällen zweifelsfrei zu unterscheiden. Diese Tatsache wurde auch bei meinen direktrheographischen Untersuchungen deutlich. Für die Gipfelzeiten lagen z.B. bei angiographisch gesicherten operationsbedürftigen Stenosen oder Verschlüssen präoperativ ca. 25 % aller Werte im Normalbereich, der RQ in 16 % aller Fälle. Als Einzelkriterium korrelierte er am besten mit den peripheren Durchblutungsverhältnissen, wie sie sich angiographisch darstellten. Die präoperativen Werte, die im unteren Normalbereich lagen, stiegen postoperativ um ca. 20 % an. Bei Rethrombosierungen und Operationsmißerfolgen wurden beim RQ eine Abnahme bzw. unveränderte Werte gefunden. Die postoperative Entwicklungsrichtung stimmte also in allen Fällen mit den klinischen (und zum Teil angiographischen) Befunden überein, wenn auch aus den präoperativen Absolutwerten eine sichere Unterscheidung zwischen normal und pathologisch nicht immer möglich war. Nur aus der Synopsis der rechnerischen Auswertungskriterien und der Beurteilung der Kurvenform ist die Treffsicherheit der Aussage zu erhöhen. Die Auswertung des Winkels β erbrachte keine zusätzliche Information, so daß m.E. darauf verzichtet werden kann. In der Routinediagnostik kann man aus zeitlichen Gründen auch auf die Registrierung der Ableitungen 1 und 2 verzichten, die ja nur einer ersten Übersicht dienen sollen. Pathologische Veränderungen wurden bei den abschnittsweisen Messungen der Ableitungen 3 bis 6 deutlicher dargestellt. Bei der Ableitung über das ganze Bein können gut kollateralisierte Verschlüsse übersehen werden.

In der ersten Patientengruppe dieser Untersuchung (32 Fälle) standen zur Beurteilung der rheographischen Ergebnisse der Vergleich mit präoperativen und, bei 6 Patienten, mit postoperativen Angiogrammen zur Verfügung. In den anderen beiden Gruppen konnten überwiegend nur die klinischen Daten herangezogen werden. Die Diagnose "nicht normale Durchblutungsverhältnisse" konnte bei allen Fällen der ersten Gruppe präoperativ rheograpisch gestellt werden. Auch bei den Patienten der anderen beiden Gruppen stimmten die klinischen Diagnosen ebenfalls mit den rheographischen Befunden überein. Wichtiger ist jedoch eine Aussage zum Schweregrad einer Durchblutungsstörung. Hierzu ließen sich mit der Rheographie Aussagen machen, die sich gut mit den angiographischen Befunden deckten. Bei Patienten mit den schwersten arteriosklerotischen Veränderungen, bei denen angiographisch Mehretagenverschlüsse vorlagen, ließen sich auch rheographisch sehr schlechte Durchblutungsverhältnisse nachweisen. Diese Patienten hatten die gröbsten Formveränderungen der rheographischen Kurven, die Zeitmeßwerte lagen weit im pathologischen Bereich. 80 % dieser Patienten hatten zumindest in einer Ableitung "Nulllinienrheogramme" (vgl. Fallbeispiele 4, 8 und 10). Nur bei zwei Patienten zeigte die Rheographie bessere Durchblutungsverhältnisse als die Angiographie (vgl. Fallbeispiel 15), in einem Fall (vgl. Fallbeispiel 5) war es umgekehrt.

Weniger fortgeschrittene Stadien der AVK mit kurzstreckigen Verschlüssen oder Stenosen nur in einem Abschnitt der Extremität, zeigen auch rheographisch geringfügigere Veränderungen. Die Meßwerte können hier zwar noch im Normbereich liegen, die Mittelwerte der Normalpersonen werden jedoch in keinem Fall erreicht. Für eine richtige Beurteilung müssen die Kurvenform und die Verhältnisse der Gegenseite mit berücksichtigt werden (vgl. Fallbeispiel 1 und 7). Die angiographische

Diagnose eines unauffälligen Gefäßsystems konnte ebenfalls rheographisch bestätigt werden: Alle Meßwerte sowie die Kurvenform zeigten in allen Ableitungen normale Durchblutungsverhältnisse.

Hinsichtlich der Schwere der Veränderungen des arteriellen Gefäßsystems geben FOCHEM und PÄRTAN (1966) eine über 90 %-ige Übereinstimmung der Rheographie mit der Angiographie an. Diese Größenordnung kann mit den direktrheographischen Untersuchungen in dieser Arbeit bestätigt werden.

Bei den postoperativen Kontrolluntersuchungen konnte bei den meisten erfolgreich operierten Patienten eine geringfügige Steigerung der Durchblutung im Verlauf mehrerer Monate festgestellt werden. Diese Beobachtung könnte damit erklärt sein, daß die direkt postoperativen Messungen durch das postoperative Gliedmaßenödem zum Negativen hin fehlbeurteilt wurden. Eine andere Erklärung für die Verbesserung der rheographischen Kriterien läge in einer tatsächlichen trainingsbedingten Zunahme der Durchblutung.

Bei der rheographischen Lokalisationsdiagnostik einer Strömungsunterbrechung ist zu beachten, daß die Verformung der Kurven von der Lage des Stopps abhängig ist. Ein Verschluß proximal des Meßbereichs hat amplitudenreduzierte Kurven mit abgeschrägtem systolischen Anstieg zur Folge; liegt der Stopp innerhalb des Meßbereichs, ist der Anstieg um so steiler je größer der noch normal versorgte Bereich ist. Bei meinen Untersuchungen lautet die häufigste Lokalisationsdiagnose "proximal gelegenes Strombahnhindernis". Eine sichere Aussage wurde besonders durch die Abl. 5 (Unterschenkel) ermöglicht, während bei der Abl. 3 (Oberschenkel) aufgrund der physiologischen Formvarianz eine sichere Diagnose nicht möglich war. Aus diesem Grund war auch die wichtige Unterscheidung zwischen Oberschenkelverschlüssen und Verschlüssen oder Stenosen in der Beckenregion nicht

immer möglich. Auch bei den Mehretagenverschlüssen kann man rheographisch häufig nicht unterscheiden, wieviele Unterschenkelarterien zusätzlich verschlossen sind, sondern nur eine funktionelle Aussage zur Gefährdung der Peripherie machen. Eine genaue Lokalisationsdiagnostik mit Beurteilung des "run-off" bleibt Aufgabe der Angiographie.

Eine Domäne der Rheographie ist die postoperative Kontrolle und Überwachung. Rethrombosen und Rezidive lassen sich allein rheographisch mit großer Sicherheit diagnostizieren, wenn präoperative Vergleichsrheogramme vorliegen (vgl. Fallbeispiele 4 und 5). Ein Nachteil ist m.E., daß die Methode zur Diagnostik von Frühthrombosen in den ersten postoperativen Tagen nicht eingesetzt werden kann. Nach PREUSS (1974) liefert die Rheographie qualitativ verläßliche Parameter zur Einschätzung des funktionellen Leistungsvermögens erfolgreich gefäßrekonstruierter Extremitäten. Bewährt hat sich die Rheographie auch bei der Beurteilung von vasoaktiven Substanzen in der Behandlung von inoperablen Gefäßverschlüssen bzw. bei der diabetischen Angiopathie (KOZUSCHEK, 1966 b).

Diese Diskussion wäre unvollständig, ohne den Versuch, die Stellung der Rheographie in der angiologischen Diagnostik neben anderen nichtinvasiven Methoden zu charakterisieren. Konkurrierende Verfahren sind in erster Linie die in der Einleitung beschriebenen oszillographischen und die Ultraschalldoppler-Verfahren.

Bei der mechanischen Oszillographie sind zahlreiche Fehlinterpretationen der Befunde möglich. Aber auch mit der elektronischen Oszillographie werden nur in zwei Drittel aller Fälle richtig positive und in drei Viertel der Fälle richtig negative Befunde erhoben (DA SILVA et al., 1974). In dieser Untersuchung erfolgte ein Vergleich von Messungen mit der Ultraschalldopplersonde

und der elektronischen Oszillographie, mit dem Ergebnis, daß bei gleicher Spezifität und Leistungsfähigkeit von den Autoren die Oszillographie bevorzugt wird. In einer anderen Untersuchung fällt die Entscheidung zugunsten der Ultraschalldopplertechnik aus: sie sei die empfindlichere Methode zum Nachweis arterieller Blutströmungshindernisse und sollte als Screeningmethode dem elektronischen Oszillogramm vorgezogen werden (MÜLLER und SCHULTE, 1978). MATZDORF (1961 a) berichtet, daß die Übereinstimmung zwischen Sektionsbefund und Rheogramm wesentlich besser ist, als zwischen Sektionsbefund und Oszillogramm. RAU (1974) empfiehlt als Routinemaßnahme zur Bestätigung und Erweiterung der klinisch-angiologischen Diagnose die Oszillographie. DA SILVA und WIDMER (1979) in der Baseler Studie über die peripher arterielle Verschlußkrankheit zur Oszillographie: "Die Ruheoszillographie erwies sich als überraschend wenig leistungsfähig, sie ist weder empfindlicher noch spezifischer als das Pulstasten. Bezüglich der Frühdiagnose von Arterienveränderungen sind Spezifität und Sensitivität der Oszillographie noch offen, obwohl das Verfahren seit vielen Jahren für Abklärungsuntersuchungen angewandt wird." Die Leistungsfähigkeit der Dopplermethode bezüglich der Frühdiagnose sei noch nicht endgültig geklärt, sie erleichtere jedoch die Verlaufsbeobachtung bei der AVK (DA SILVA u. WIDMER, 1979).

Eine umfassende Bestandsaufnahme der Einsatzmöglichkeiten der Ultraschalldopplertechnik war die Zielsetzung des Angiologischen Symposiums 1977 in München. KRIESSMANN und BOLLINGER (1979) stellen (als Herausgeber der Referate und Diskussionsbeiträge dieser Tagung) die Ultraschalldopplerverfahren als die größte Bereicherung der angiologischen Diagnostik der letzten 10 Jahre dar. Die Methode sei praktikabel, objektiv und biete einen überdurchschnittlichen Informationswert.

Gegenüber der Rheographie besteht bei Abtastung der Gefäße mit der Ultraschalldopplersonde die Möglichkeit einer genaueren Verschlußlokalisation. Messungen an Fingern und Zehen sind mit Doppler-Ultraschall nicht möglich, wohl aber mit plethysmographischen Methoden und der Rheographie (BOLLINGER et al., 1974). Nach SCHOOP (1977) kann jedoch trotz Dopplеruntersuchung bei einer geplanten Operation nicht auf die Angiographie verzichtet werden. In einer Untersuchung von THULESIUS (1971) erwies sich die Doppler-Technik als zuverlässige und einfache Methode zur Abgrenzung signifikanter Stenosen und Obliterationen von normalen Durchblutungsverhältnissen. Bezüglich der Beurteilung des Schweregrades der Strombahnhindernisse sei die Methode mit den komplizierten quantitativen Verfahren (Venenverschlußplethysmographie und Xenon-Clearance) durchaus vergleichbar. COUCH et al. (1971) vergleichen Ultraschalldopplermessungen mit den Ergebnissen einer impedanzplethysmographischen Methode. Sie kommen zu dem Schluß, daß mit beiden Verfahren die Zahl der notwendigen Angiographien vermindert werden kann.

Auch mit Entwicklung der Ultraschalldopplertechnik in den letzten Jahren konnte die Rheographie sogar aus der stationären Diagnostik nicht verdrängt werden. In der vorstationären Diagnostik, bei Langzeitkontrollen und zur Überwachung der Therapie behauptet sie sowieso ihren Platz, denn sie ist einfacher zu handhaben, billiger in der Anschaffung und bietet besonders dem Facharzt und Allgemeinmediziner in der Praxis einen ausreichenden Informationsgehalt.

Der angiologisch tätige Arzt muß zur Sicherung des maximalen diagnostischen Erfolgs für seinen Patienten mehr als nur e i n nichtinvasives diagnostisches Verfahren beherrschen. Gezielte Fragestellungen erfordern eine gezielte Auswahl aus der Palette der verschiedenen Möglichkeiten oder auch die Durchführung sinnvoller Kombinationen mehrerer apparativer Untersuchungen.

5. Zusammenfassung

Nach einem Überblick über die Meßmethoden in der angiologischen Diagnostik werden Entwicklung und Prinzip der Direktrheographie erläutert. Die praktische Durchführung der Messungen mit Darstellung der gemessenen Gliedmaßenabschnitte (Ableitungen 1 bis 6), die rechnerischen Auswertungskriterien (Amplitudenhöhe, Gipfelzeit, Anstiegswinkel, Abfallwinkel, Pulswellenlaufzeit und Rheographischer Quotient) und die Bewertungskriterien der Kurvenform (Kurvengipfel und Nachwellen) werden beschrieben. Die anhand einer Untersuchungsserie von 40 Personen mit normalen Durchblutungsverhältnissen erstellten Normwerte werden mit in der Literatur angegebenen Normalwerten verglichen. Es zeigt sich, daß die Ergebnisse der Direktrheographie mit denen der Rheographie nach SCHUHFRIED und anderen impedanzplethysmographischen Methoden vergleichbar sind.

Eine Beschreibung des Krankheitsbildes der chronischen arteriellen Verschlußkrankheit (AVK) und akuter Arterienverschlüsse sowie deren chirurgische Behandlungsmöglichkeiten folgen. Das Patientengut wird beschrieben, die Ergebnisse bei drei unterschiedlichen Patientengruppen im einzelnen dargestellt und durch 15 Fallbeispiele ergänzt.

Die Untersuchungen an 64 Patienten zeigen, daß die Rheographie eine gute Hilfestellung zur Diagnostik arterieller Durchblutungsstörungen geben kann: Der Schweregrad korreliert gut mit den angiographischen Befunden, eine genaue Lokalisationsdiagnostik ist jedoch, besonders bei Mehretagenverschlüssen nicht möglich. Die Resultate der operativen Therapie bei 46, im Jahre 1978 operierten, Patienten ließen sich rheographisch mit hinreichender Genauigkeit feststellen. Die postoperativen Verlaufskontrollen über mehrere Monate zeigen auch, daß

eine operationsbedingte Verbesserung der Durchblutung in den meisten Fällen bei der letzten rheographischen Untersuchung nach mehreren Monaten deutlicher ausfällt. Operationsmißerfolge und Rethrombosen können mit rheographischen Untersuchungen gesichert werden. Der Entschluß zur Amputation und die Festlegung der Amputationshöhe können rheographisch unterstützt werden.

Der Platz der Rheographie in der angiologischen Diagnostik wird diskutiert. Ein Vergleich mit den beiden wichtigsten konkurrierenden Verfahren, der Oszillographie und dem Ultraschalldopplerverfahren, zeigt, daß die Rheographie im klinischen Bereich zunehmend an praktischer Bedeutung gewinnt. Als ergänzendes Verfahren, bei speziellen Fragestellungen vor allen Dingen in der vorstationären Diagnostik und bei der ambulanten Überwachung operierter angiologischer Patienten kann auf die Rheographie auch in absehbarer Zukunft nicht verzichtet werden, zumal der Kostenaufwand gering ist und kein zusätzliches Personal benötigt wird.

Literaturverzeichnis

ALEGRIA, A., Über die hämokinetische Langzeittherapie der arteriellen Verschlußkrankheiten. Med. Klin. 60: 1126-1131 (1965)

BAUMANN, J.C., Rheographie der Beckenarterien. Med. Klin. 65: 2026-2031 (1970)

BAUMANN, J.C., Beziehungen zwischen relativem rheographischen Pulsvolumen und pulsatorischer Strömungsgeschwindigkeit. Vasa: 425 - 431 (1973)

BLANKENHORN, D.H., STRONG, J.P., Workshop: Regression. In: Atherosclerosis V GOTTO, A.M., SMITH, L.C., ALLEN, B. (ed.), New York, Heidelberg, Berlin, Springer Verlag, 1980, S. 715 - 757

BOLLINGER, A., Funktionelle Angiologie. Stuttgart, Thieme Verlag, 1979, S. 3 - 21, 57 - 84, 280 - 290

BOLLINGER, A., BRUNNER, H.H., ANLIKER, M., Ultraschalldiagnostik. In: Gefäßerkrankungen, LOOGEN, F., CREDNER, K. (Herausgeber), Baden-Baden Brüssel, Verlag Gerhard Witzstock GmbH, 1974, S. 97 - 105

BROSS, W., BROSS, T., KOZUSCHEK W., OLEJAK, B., KUSTRZYCKI A., KOLTOWSKI, R., Rheographische Untersuchungen nach Herz- und Gefäßoperationen. Med. Klin. 65: 604 - 608 (1970)

COUCH, N., VAN DE WATER, J.M., DMOCHOWSKI, J.R., Noninvasive Measurement of Peripheral Arterial Flow.
Arch. Surg. 102: 435 - 439 (1971)

DEMBOWSKI, U., Oszillographie und Hautthermometrie.
Med. Welt 37: 1891 - 1893 (1965)

DERBLOM, H., JOHNSON, L., NYLANDER, G., Electrical Impedance Plethysmographie as a Method of Evaluating the Peripheral Circulation.
Acta Chir. Scand. 136: 579 - 586 (1970, a)

DERBLOM, H., JOHNSON, L., NYLANDER, G., Electrical Impedance Plethysmographie
Acta Chir. Scand. 136: 587 - 590 (1970, b)

EMMRICH, K., Ergebnisse rheographischer Nachuntersuchungen nach Femoralarteriotomien bei Operationen im extrakorporalen Kreislauf.
Dtsch. Ges. Wes. 18: 907 - 913 (1963)

FOCHEM, K., PÄRTAN, J., Zur Problematik der Arteriographie der unteren Extremitäten.
Röfo 104: 1964 - 1970 (1966)

FRANKE, F., HUSFELDT, K.J., STOSIEK, CH., GALL, F.P., Operative Behandlung der arteriellen Verschlußkrankheit im hohen Lebensalter unter Berücksichtigung des Risikos.
Thoraxchir. 26: 148 - 151 (1978)

FROST, H., Arterielle Verschlußkrankheiten.
Nürnberg, Sandoz AG, S. 9 - 26

GUNDERSEN, J., Standardized Mulisegmental Measurements of Blood Pressure for Quantitativ Evaluation of the Circulation in the Limbs.
J. Clin. Lab. Invest. 128: 111 - 115 (1973)

GUTMANN, J., Die rheographische Direktmessung - ein methodischer Fortschritt für die Diagnose von Durchblutungsstörungen und für Zeitmessungen am Kreislauf.
Berlin, Heidelberg, New York, Springer Verlag, Sonderdruck aus Klin. Wschr. 5 (1967)

GUTMANN, J., KACHEL, V., BRÜNDL, G., Vergleichende Messungen mit neuen rheographischen und plethysmographischen Durchblutungsmeßgeräten.
Electromed. (Sonderausgabe): 87 - 97 (1969)

HAUSS, W.H., Pathogenese und konservative Therapie der Arteriosklerose.
Klinikarzt 8: 789 - 808 (1979)

HEBERER, G., Die Arteriosklerose als chirurgische Aufgabe.
Bad Oeynhausen, TM Verlag, 1978

HEBERER, G., (Herausgeber), Aktuelle Fragen der rekonstruktiven Gefäßchirurgie.
Erlangen, Verlag Dr. med. D. Straube, 1979

HEBERER, G., RAU, G., LÖHR, H.H., Aorta und große Arterien.
New York, Berlin, Heidelberg, Springer Verlag, 1966, S. 108 - 151, 342 - 398

HEIDRICH, H., Untersuchungen über den Einfluß unterschiedlicher Registriertechnik auf das Extremitäten-Längsrheogramm.
Med. Klin. 43: 1730 - 1733 (1965)

HOLZER, W., POLZER, K., MARKO, A., Rheokardiographie.
Wien, Verlag Maudrich, 1945

JAEGER, H., GUTMANN, J., RUHENSTROTH-BAUER, G., Methodische Untersuchungen zur klinischen Anwendung der Direktrheographie.
Klin. Wschr. 50: 967 - 971 (1972)

JANTSCH, H., Die Rheosphymographie.
Wien. med. Wschr. 100: 478 (1950)

JANTSCH, H., Zur Auswertung des peripheren Rheogramms.
Wien. med. Wschr. 45/46: 1004 - 1009 (1958)

JANTSCH, H., Periphere Rheographie.
Arch. Klin. Chir. 292: 263 - 265 (1959)

JANTSCH, H., Die Rheographie als Wegweiser für die Therapie von arteriellen Durchblutungsstörungen der Extremitäten.
Med. Welt 9: 432 (1965)

KAINDL, F., POLZER, K., SCHUHFRIED, F., Die Amplitudenauswertung des Rheogramms.
Wien. Z. Inn. Med. 40: 175 - 178 (1959)

KAINDL, F., POLZER, K., SCHUHFRIED, F., Rheographie mit Kompression.
Z. Kreislaufforsch. 50: 565 - 571 (1961)

KAINDL, F., POLZER, K., SCHUHFRIED, F., Venenverschlußrheographie.
Wien. klin. Wschr. 76: 134 - 135 (1964)

KAINDL, F., POLZER, K., SCHUHFRIED, F., Rheographie.
3. Auflage, Darmstadt, Dr. Dietrich Steinkopff Verlag, 1979

KAINDL, F., POLZER, K., SCHUHFRIED, F., TISO, B., WEIDINGER, P., Zur Frage der Entstehung des Rheogramms.
Biomed. Techn. 16: 185 -189 (1971)

KAPPERT, A., Klinische Erfahrungen mit einer neuen vasoaktiven Substanz: Dusodril.
Z. Ther. 5: 82 (1967)

KAPPERT, A., Lehrbuch und Atlas der Angiographie. 9. Auflage, Bern, Stuttgart, Wien, Hans Huber Verlag, 1979, S. 24 - 33, 65 - 108, 167 - 170

KOZUSCHEK, W., Rheographische Untersuchungen an Kaninchen über die Änderung der Durchblutungsgröße parenchymatöser Organe unter dem Einfluß von 7-(2-Hydroxy-3-[N-2-hydroxyäthyl-N-methylamino] propyl)- 1,3 dimethylxanthin, -pyridin-3-carboxylat. Ärztl. Forsch. 20: 94 - 97 (1966, a)

KOZUSCHEK, W., Operative und medikamentöse Bahandlungsmöglichkeiten eitriger Infektionen des Fußes bei diabetischen Durchblutungsstörungen. Med. Welt 17: 1728 - 1731 (1966, b)

KOZUSCHEK, W., Klinisch experimentelle Untersuchungen mit der Rheographie in der Gefäßdiagnostik. Zbl. Chir. 26 a: 2111 - 2121 (1969)

MAHLA, G., Seitenvergleichende oszillographische und rheographische Messungen an unteren Extremitäten im Verlauf von Frakturheilungen. Müchen: Inaugural-Dissertation, 1970

MANN, H., Study of Peripheral Circulation by Means of an Alternating Current Bridge. Proc. Soc. Biol. a. Med. 36: 670 (1937)

MATZDORF, F., Rheographische Untersuchungen zur Beurteilung peripherer Gefäße. Med. Welt 12: 577 -583 (1961, a)

MATZDORF, F., Graphische Registriermethoden in der Diagnostik peripherer Durchblutungsstörungen. Internist 2: 688 - 695 (1961, b)

MATZDORF, F., Die Rheographie und ihre Anwendung bei der Diagnostik peripherer Durchblutungsstörungen. Ärztl. Lab. 7: 354 - 360 (1961, c)

MATZDORF, F., Die Diagnostik peripherer Durchblutungsstörungen mit der oszillographischen und rheographischen Untersuchungsmethode. Allg. Ther. 6: 135 - 142 (1963)

MATZKIES, F., Die Bedeutung der Lipoproteide höherer Dichte für die Arteriosklerose entstehung. Klinikarzt 8: 822 - 832 (1979)

MÖRL, H., Arterielle Verschlußkrankheit der Beine. Berlin, Heidelberg, New York, Springer Verlag, 1979, S. 8 - 82, 125 - 132

MÜLLER, U.ST., SCHULTE, H., Ultraschall-Doppler-Technik in Korrelation zum elektronischen Oszillogramm.
In: Ultraschall-Doppler-Technik in der Angiologie, KRIESSMANN, A., BOLLINGER, A. (Herausgeber), Stuttgart, Thieme Verlag, 1978

POLZER, K., SCHUHFRIED, F., Die physikalischen Untersuchungsmethoden periperer Gefäße unter besonderer Berücksichtigung der Rheographie. Aus: Monatskurse für die ärztliche Fortbildung (Sonderdruck), SCHRETZENMAYR, A. (Herausgeber), München, Lehmann Verlag 1960, S. 366 - 368

POLZER, K., SCHUHFRIED, F., Entwicklung und Technik der Rheographie.
Wien. med. Wschr. 112 (Separatabdruck), Wien, Verlag Brüder Hollinek 1962, S. 153 - 155

PREUSS, E.G., BARTUSCH, M., PODHAISKY, H., Angiologische Kriterien der Leistungsfähigkeit arteriell durchblutungsgestörter Extremitäten nach gefäßrekonstruktiven Eingriffen.
Ber. Ges. Inn. Med. 9: 228 - 230 (1974)

RATSCHOW, M., Angiologie.
Stuttgart, Thieme Verlag, 1959

RATSCHOW, R., Über eine konservative Therapie arterieller Verschlußkrankheiten mit Naftidrofuryl-Hydrogenoxalat.
Münch. Med. Wschr. 36 (1976)

RAU, G., Allgemeine diagnostische Verfahren.
In: Angiologie Grundlagen Klinik Praxis. HEBERER, G., RAU, G., SCHOOP, W., (Herausgeber), 2. Auflage, Stuttgart, Thieme Verlag, 1974, S. 207 - 234

RÖSCH, H., Anwendungen der Rheographie in der Chirurgie.
Wien. med. Wschr. 5: 112 - 116 (1962)

RÖSCH, H., SCHWÄBLE, R., Zur Diagnostik der peripheren Durchblutungsstörungen.
Dtsch. Med. Wschr. 20: 873 - 877 (1958)

ROUEN, L.R., CLAUSS, R.H., TERRY, E.N., REDISCH, W., Noninvasive Laboratory Aids for Reconstructive Arterial Surgery.
Vasa 2, 4: 379 - 385 (1973

SCHMIDBAUER, R., SCHREIBER, H., Untersuchungen über die Gipfelzeit im Längsrheogramm der unteren Extremitäten.
Med. Welt 17: 1084 - 1088 (1967)

SCHOOP, W., Extremitätenarterien (Rundtischgespräch). In: Ultraschalldiagnostik in der Angiologie, KRIESSMANN, A., BOLLINGER, A. (Herausgeber), Stuttgart, Thieme Verlag, 1978, S. 212

SCHREIBER, H., Direktrheographie und photoelektrische Volumenpulsschreibung bei peripheren Angiopathien.
Electromed. 14: 87 - 90 (1969)

SCHREIBER, H., Angiologische Diagnostik mittels Direktrheographie.
Elektromedica (Sonderdruck) 3 (1970)

SCHUHFRIED, F., Rheographie.
Ärztl. Forsch. 15: 455 - 462 (1961)

SILVA, DA, A., MALL, TH., WIDMER, L.K., Zur Leistungsfähigkeit des Dopplerverfahrens für den Nachweis der arteriellen Verschlußkrankheit. Vergleich mit der Oszillographie.
Schweiz. med. Wschr. 104: 1596 - 1597 (1974)

SILVA, DA, A., WIDMER, L.K., Peripher arterielle Verschlußkrankheit.
Bern, Stuttgart, Wien, Hans Huber Verlag, 1979, S. 41 - 60

STÖSSEL, J.P., Wie entsteht Arteriosklerose.
Med. Klin. 75: 348 - 357 (1980)

THIEME, H.J., Rheographische Untersuchungen bei Gefäßersatz.
Med. Klin. 62: 940 - 942 (1967)

THULESIUS, O., Beurteilung des Schweregrads arterieller Durchblutungsstörungen mit dem Doppler-Ultraschall-Gerät.
In: Meßmethoden bei arteriellen Durchblutungsstörungen, BOLLINGER, A., BRUNNER, U. (Herausgeber), Bern, Stuttgart, Wien, Verlag Hans Huber, 1971

TISO, B., Zur Wertigkeit der quantitativen Durchblutungsmessung bei peripheren arteriellen Verschlußkrankheiten.
Wien. Z. Inn. Med. 47: 34 - 37 (1966)

VOLLMAR, J., Rekonstruktive Chirurgie der Arterien.
2. Auflage, Stuttgart, Rhieme Verlag, 1975, S. 215 - 299

WAIBEL, P., Häufigkeit und Anordnung der Lokalisation arterieller Stenosen und Verschlüsse bei organischen Durchblutungsstörungen.
Langenbecks Arch. Chir. 314: 189 - 199 (1966)

Für die Bewältigung der Aufgabenstellung dieser Arbeit habe ich ganz herzlich zu danken:
zunächst und vor allem Herrn Prof. Dr. W. Kozuschek, der nicht nur das Thema zur Verfügung stellte, sondern mir auch mit Rat und Tat zur Seite stand, zum anderen Herrn Chefarzt Dr. W. Kuhlo, der mir die benötigten Röntgenbilder überließ.
Herrn G. Ungermann, Vertriebsbeauftragter der Siemens AG, verdanke ich manche Hilfe und fachkundige Unterstützung in technischen Fragen.

Lebenslauf

Am 30. 06. 1950 wurde ich als drittes Kind des Postbeamten Werner Heinisch und seiner Ehefrau Charlotte, geb. Krüger in Goslar geboren. Ich gehöre der evangelischen Konfession an und besitze die deutsche Staatsangehörigkeit.
Nach fünfjährigem Besuch einer Volksschule in Herbede und Witten wechselte ich 1960 auf die Städtische Realschule Witten, die ich 1966 mit der Mittleren Reife verließ.
1967 besuchte ich eine Frauenfachschule in Witten und im Anschluß daran die Krankenpflegeschule der Städtischen Kliniken Dortmund. Nach dreijähriger Ausbildung bestand ich 1970 das Krankenschwesternexamen und arbeitete danach bis 1974 auf verschiedenen Abteilungen der Städtischen Kliniken Dortmund als Krankenschwester.
Von 1970 bis 1973 besuchte ich das Abendgymnasium der Stadt Dortmund und erlangte dort im Dezember 1973 die Allgemeine Hochschulreife. Im Wintersemester 1974 begann ich an der Ruhr-Universität Bochum mein Medizinstudium. Termingerecht legte ich 1976 die Ärztliche Vorprüfung 1977 den ersten und 1979 den zweiten Abschnitt der Ärztlichen Prüfung ab. Nach der Ausbildung im Praktischen Jahr im Evangelischen Krankenhaus Herne bestand ich im Oktober 1980 den dritten Abschnitt der Ärztlichen Prüfung.
Seit Februar 1981 bin ich als Assistenzärztin auf einer Inneren Abteilung des Marien-Hospitals in Hagen tätig.

DER DRUCKER - Buscheystraße 138 - 4630 Bochum - Tel. (02 34) 70 41 16